

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UM SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUXÍLIO NA ELABORAÇÃO DE RECOMENDAÇÕES  
PARA AGRICULTORES NO CONTROLE DA SARNA DA MACIEIRA.

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA A UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA

JOSÉ LEOMAR TODESCO



0.192.390-7

UFSC-BU

FLORIANÓPOLIS, FEVEREIRO DE 1991.

UM SISTEMA ESPECIALISTA PARA AUXÍLIO NA ELABORAÇÃO DE RECOMENDAÇÕES  
PARA AGRICULTORES NO CONTROLE DA SARNA DA MACIEIRA.

UM SISTEMA ESPECIALISTA PARA AJUDAR NA ELABORAÇÃO DE RECOMENDAÇÕES  
PARA AGRICULTORES NO CONTROLE DA SARNA DA MACIEIRA.

JOSÉ LEOMAR TODESCO

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

"MESTRE EM ENGENHARIA"

ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA  
FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO



EDGAR AUGUSTO LANZER - PhD. - ORIENTADOR

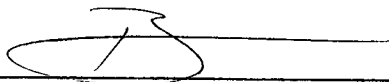


NERI DOS SANTOS - Dr. Ing. - COORD. DO CURSO

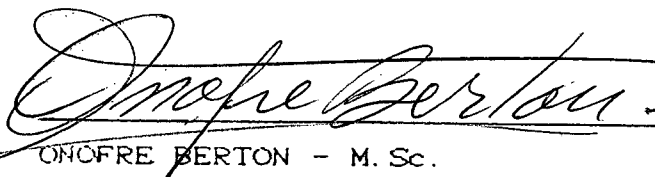
BANCA EXAMINADORA



EDGAR AUGUSTO LANZER - PhD. - PRESIDENTE



RICARDO MIRANDA BARCIA - PhD.



ONOFRE BERTON - M. Sc.

Ofereço este trabalho à meu pai  
Luiz, minha mãe Lindaura, minha  
esposa Rosana e meu filho  
Bernardo.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, pelo conhecimento adquirido no decorrer do curso. Agradeço em especial ao Professor Edgar Augusto Lanzer pela orientação, dedicação e incentivo na condução deste trabalho.

Agradeço também, a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (EMPASC), na pessoa do Sr. Sadi Grimm pela acolhida e pelo apoio ao projeto desta pesquisa. Aos especialistas da Estação Experimental de Caçador José Luiz Petri e Onofre Berton pela disponibilidade de tempo e companheirismo.

Aos colegas, Fernando Gauthier pelas aulas de Prolog, Paulo, Fernando, Mário e Roberto pelo incentivo e companheirismo, e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização desta dissertação, muito obrigado.

## RESUMO

O objetivo central desta dissertação foi o de elaborar um Sistema Especialista para auxiliar na elaboração de recomendações para agricultores no que tange ao controle da Sarna da Macieira no Sul do Brasil. O objetivo atende uma demanda específica do sistema de pesquisa agropecuária de Santa Catarina. Paralelamente procurou-se organizar de modo sucinto e genérico as etapas de construção de Sistemas Especialistas.

Os Sistemas Especialistas constituem atualmente uma das áreas economicamente mais interessantes de aplicações da Inteligência Artificial (IA). Aplica técnicas de IA e conhecimento em problemas específicos de um dado domínio para simular a atuação de peritos humanos.

Uma avaliação benefício/custo do sistema desenvolvido indicou uma alta taxa de retorno para o investimento realizado na sua elaboração.

## ABSTRACT

The main objective of this dissertation was to develop an Expert System to help making recommendations for the control of an economic important disease of apple tree <sup>orchards</sup> in South Brazil (mange).

Such a system fulfills a specific demand from the agricultural research department of the state of Santa Catarina. The steps required in the development of Expert Systems are discussed prior to the presentation of the system itself.

The Expert Systems establish today one of the areas economically more interesting of Artificial Intelligence (AI) application. They techniques of AI and knowledge in specific problems of a certain domain to simulate the working of human experts.

Lastly, an economic analysis indicated a high benefit/cost ratio for the investment made in getting the aimed system.

## SUMÁRIO

I	-	INTRODUÇÃO	1
1.1	-	O Problema e sua Importância	1
1.2	-	Algumas Definições e a pesquisa em SE	2
1.3	-	Sistemas Especialistas na Agricultura	4
1.4	-	Apresentação dos Capítulos	7
II	-	CONCEITOS E ETAPAS NA CONSTRUÇÃO DE SE	8
2.1	-	Características dos Sistemas Especialistas	8
2.2	-	Identificação de Problemas	11
2.3	-	Aquisição, Organização e Representação do Conhecimento	14
2.4	-	Tratamento de Incerteza	27
2.5	-	Ambientes para Construção de Sistemas Especialistas	32
III	-	O SISTEMA E SUA AVALIAÇÃO	35
3.1	-	Considerações sobre a Linguagem escolhida	35
3.2	-	O Sistema propriamente dito	38
3.3	-	Avaliação dos Resultados	50
IV	-	CONCLUSÕES, SUGESTÕES PARA EXPANSÕES FUTURAS E NOVAS PESQUISAS	54
		REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	56
		APÊNDICE	62



## ABREVIATURAS

Artificial Intelligence	AI
Base de Conhecimento	BC
Base de Dados	BD
Base de Dados Geral	BDG
Cálculo de Predicado de Primeira Ordem	CCPO
Engenheiro ou Engenharia do Conhecimento	EC
Empresa de Pesquisa Agropecuária	EMPASC
Fator de Certeza	FC
Inteligência Artificial	IA
Máquina ou Motor de Inferência	MI
Sistema de Controle	SC
Sistema Especialista	SE
Sistemas de Produção	SP
Regras de Produção	RP

## LISTA DE QUADROS E FIGURAS

Quadro 1 - Trabalhos existentes na área	5 e 6
Quadro 2 - Técnicas para extração de conhecimento a partir de especialistas	19
Quadro 3 - Linguagens de programação da IA	33
Quadro 4 - Linguagens da EC (Shells)	34
Figura 1 - Estrutura básica de um SE	9
Figura 2 - Etapas no desenvolvimento de SE	10
Figura 3 - Forma de aquisição de conhecimento	16
Figura 4 - Aquisição de conhecimento usando um ambiente de interface	16
Figura 5 - Aquisição de conhecimento a partir de textos	17
Figura 6 - Aquisição de conhecimento usando entrevistas	17
Figura 7 - Representação de uma busca usando "frames"	23
Figura 8 - Um exemplo de representação de rede semântica	24

## I - INTRODUÇÃO

### 1.1 - O Problema e sua Importância

Diversas regiões no Sul do Brasil apresentam clima favorável para o cultivo da Macieira. Em Santa Catarina os pomares estão localizados em regiões com precipitação pluviométrica acima de 1500 mm anuais e as temperaturas médias durante a primavera e verão, situam-se entre 16° e 20°C, respectivamente [EMP86]. Embora favoráveis ao cultivo estas condições climáticas também conferem a região um ambiente propício para o desenvolvimento de diversas doenças dos pomares. A principal delas é a sarna.

Os especialistas da Estação Experimental de Caçador - EMPASC assessorados por técnicos da GTZ- Agência Alemã de Cooperação Técnica, e com o auxílio de equipamentos científicos, acumularam conhecimentos de tal modo que permitem que as pulverizações contra a sarna da macieira, sejam feitas não somente baseados na fenologia da planta e de forma preventiva, mas também observando-se o desenvolvimento do patógeno em relação às condições climáticas.

Com tais conhecimentos, a sarna pode ser controlada com um número relativamente reduzido de pulverizações de fungicidas. Isto, todavia, não ocorre ainda com vários produtores, os quais fazem pulverizações com fungicidas de forma preventiva à partir do período de brotação em intervalos de 7 a 10 dias repetidamente. Os altos custos ao produtor e os elevados riscos ao consumidor e ao meio ambiente causados pelo excesso de fungicida são questões preocupantes [BER89].

Os especialistas que atuam no controle da sarna da macieira, consomem 16 horas semanais para fazerem as análises nos dados. As recomendações são feitas de forma generalizada, sendo enviadas à uma estação de rádio local e em determinados horários repassadas aos produtores na forma de informes.

Esta metodologia poderia ser dinamizada com um sistema computadorizado. A rapidez na análise e conseqüentes recomendações é vital para que casos isolados (referente ao produtor) possam ser atendidos. Assim, poder-se-iam fazer recomendações específicas a cada produtor. Os avisos pelo rádio sobre um provável período de infecção do fungo continuariam, porém os produtores poderiam fazer consultas via telefone (ou outro meio) à estação experimental (EMPASC), e conseqüentemente se daria uma recomendação sobre as condições específicas do produtor.

Para alcançar esta meta, o sistema computadorizado antes referido deve ser amigável, ou seja, ter uma interface com o usuário fácil, sem exigências de conhecimentos técnicos em computação. O conhecimento deve ser estruturado de tal forma que permita fazer inclusões, alterações ou exclusões pelo próprio usuário se necessário. Além destas exigências, o sistema deve ter uma boa performance no que diz respeito a rapidez nas consultas.

## 1.2 - Algumas Definições e a Pesquisa em Sistemas Especialistas

Na revisão da literatura observou-se a evolução da Inteligência Artificial (IA). Nos anos 50 foram fundamentados a lógica matemática, a teoria das funções recursivas e a formulação de processamento de listas. Então, surgiram sistemas práticos de computação simbólica. Já nos anos 60, os pesquisadores de IA tentaram simular o complexo processo do pensamento, procurando métodos gerais para resolver uma ampla classe de problemas. Durante a década de 70 concentram-se esforços em técnicas como representação, isto é, modo de formular o problema de maneira a tornar sua solução mais fácil. Sómente no final da década de 70 é que fizeram a descoberta mais importante, onde o poder de um programa resolver um problema depende mais do conhecimento que ele possui do que o formalismo ou esquema de inferência empregado [HAY83]. Esta realização levou os pesquisadores ao desenvolvimento de programas de propósito particular, sistemas que são peritos em alguma área limitada. Estes programas são chamados Sistemas Especialistas.

Conforme Feigenbaum, citado por [GEN86], um sistema especialista "...é um programa de computador inteligente, que usa conhecimento e procedimentos de inferência para solucionar problemas que são suficientemente difíceis para requerer um significativo grau de conhecimento humano na sua solução". Esta área da IA tem se concentrado na construção de programas de alta performance em domínios específicos. Um conjunto de princípios, ferramentas e técnicas tem surgido e formando as bases da Engenharia do Conhecimento [HAY83].

A denominação de Sistemas Especialistas, que nesta dissertação será referenciado por SE, surgiu no início da década de 80 e é usado por vários autores [HAY83 e GON86]. Alguns projetos que foram desenvolvidos no decorrer da década de 70 são hoje referenciados e considerados como Sistemas Especialistas ou Sistemas Baseados no Conhecimento.

A área de SE investiga métodos e técnicas para construir sistemas homem-máquina com "expertise" na resolução de problemas específicos. "Expertise" consiste de conhecimento sobre um domínio particular, entendimento do domínio do problema, e perícia ou habilidade na resolução de muitos destes problemas. Todo conhecimento se apresenta de duas formas: público e privado. O conhecimento público inclui as definições publicadas, fatos e teorias da qual livros textos e referências no domínio de estudo são tipicamente compostos. Mas "expertise", usualmente envolve mais do que este conhecimento público. Especialistas humanos geralmente possuem conhecimento privado que não estão fundados neste caminho na literatura publicada. Este conhecimento privado consiste sobretudo de regras do domínio que tem sido chamada de heurísticas. As heurísticas permitem aos especialistas humanos fazerem suposições quando necessário, reconhecerem caminhos promissores para resolução de problemas, e negociar com imprecisão ou dados incompletos. Elucidar e reproduzir tais conhecimentos é tarefa central na construção de Sistemas Especialistas.

O especialista tem um discurso interno que representa como ele se organiza e atua para tomada de decisões. Para isso, usa fatos e regras de decisão segundo seu raciocínio, pensamento, juízo de valor e outros fatores. A elaboração de um SE é viável se o especialista for capaz de comunicar os recursos (fatos e regras) que utiliza na abordagem e resolução de problemas e se tais recursos forem possíveis de representação em forma computável.

É importante que o conhecimento seja representado de forma mais próxima da maneira como o especialista age e que a passagem do discurso interno para a sua configuração externa seja feita de forma abrandada ou suave, para que não escapem aspectos relevantes e sutis que descrevem uma conduta decisória.

### 1.3 - Sistemas Especialistas na Agricultura

Investigações da literatura revelam que a introdução da tecnologia de IA, ou mais precisamente a de SE na área agrícola é crescente, aparece em um campo concreto de investigação e descrição, aparecendo em publicações especializadas.

Algumas Universidades e Institutos de Pesquisas de vários países estão intensificando seus projetos de implementação da tecnologia de IA na Agricultura. Destacam-se a Universidade de Illinois, a Universidade do Havaii, o Instituto Politécnico da Virgínia, a Universidade de Chiba e o Instituto Nacional de Pesquisa Agrícola da França (INRA). No Brasil a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) já desenvolveu dois sistemas que hoje se encontram em operação com boa aceitação e performance [FRE86]. No Quadro 1 são apresentados alguns SE já desenvolvidos ou em fase final de desenvolvimento no setor agrícola.

Q U A D R O 1 - Trabalhos existentes na área.  
[WAT86, HAY83, DER85, etc.]

Sistema	Desenvolvido por	Função
PLANT/de	Universidade de Illinois	SE para diagnóstico e Tratamento de Doenças de Soja
sem designação específica	Universidade do Havaii	SE para Reconhecer o Nível de calagem (calcáreo) nos solos Tropicais
sem designação específica	Purdue University	Protótipos de SE para os Problemas de : a) Comercialização de grãos b) Análise de Programas de Pesquisas c) Determinação de Problemas em Microcomputadores d) Suporte as Decisões de Plantio
POMME	Instituto Politécnico da Virgínia	SE para Prever Recomendações para o Controle de Pragas, Tratamento de Doenças do Inverno, Controle da Seca e Seleção de Pesticidas para Macieiras
MICCS	CHIBA University/ Faculty of Horticulture, Japan	Sistema de Consulta para Diagnosticar e Prover Recomendações para tratamento Doenças para Tomate, Uva e Berinjela
CASSIC	University of Osaka Prefecture	Sistema de Suporte a Decisão Inteligente para Auxiliar o Especialista na Identificação e Classificação da Adaptabilidade do Solo/Colheita
PIBATO	EMBRAPA	SE para Diagnosticar e Prover Recomendações Técnicas de doenças selecionadas para
SAT	EMBRAPA	Sistema para Avaliação da Aptidão das Terras

Quadro 1 - Trabalhos existentes na área (continuação).

Sistema	Desenvolvido por	Função
PLANT/tm	Universidade de Illinois	SE para Administração de Gramas túrficas
sem designação específica	Institut National de la Recherche Agronomique	SE em Patologia Vegetal
MAMMITRON	Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse	SE de Apoio ou diagnóstico Epidemiológico de infecções mamarias do gado leiteiro.
ZEA	Ecole Supérieure d'Agriculture de Purpan - ESAP Toulouse - Purpan	SE de Conselho e Condução da Cultura do Milho
IVRAIE	Association de Coordination Technique Agricole/ACTA	SE sobre o Minitel
sem designação específica	INRA/Station d'Economie Rurale de Grignon	SE e Gestão da exploração agrícola
sem designação específica	Institut Supérieur d'Agriculture LILLE - ISA	SE para interpretação automática dos resultados de empreendimentos

Tem-se conhecimento que vários países já incorporaram esta técnica de resolução de problemas em seus departamentos de Agricultura. Como pode-se observar no Quadro 1, a França já tem vários SE em aplicação em Estações de Economia Rural, Institutos de Pesquisas e Associações.

Para que a tecnologia de SE possa ingressar no setor agrícola, tem-se consciência que é necessário o uso do microcomputador (ferramenta imprescindível) no setor. Sómente com introdução de equipamentos que se pode consolidar tal abordagem.



#### 1.4 - Apresentação dos Capítulos

No capítulo 2 são descritos conceitos básicos sobre elementos e componentes que são empregados em SE e referidos na literatura. São apresentadas considerações sobre identificação e caracterização de problemas. A identificação do especialista e modelos de aquisição de conhecimento serão tratados, bem como, organização e representação de conhecimento, onde serão abordados os modelos de representação. Também são elaborados considerações sobre o tratamento de incerteza e ferramentas para construção de sistemas especialistas.

No capítulo 3 comentam-se detalhes sobre a linguagem escolhida e o sistema propriamente dito. Também são apresentadas avaliações econômicas e opinativas.

No capítulo 4 apresentam-se conclusões e comentários finais, propõe-se expansões dessa dissertação e sugere-se novas pesquisas.

## II - CONCEITOS E ETAPAS NA CONSTRUÇÃO DE SE

### 2.1 - Características dos SE

Os SE procuram representar de forma computável os processos (decisórios) de tomadores de decisões em domínios específicos do conhecimento humano. Dentro do ciclo de vida de um SE encontram-se questões que necessitam ser estudadas. Dentre elas, os aspectos relacionados a obtenção e validação do conhecimento do especialista, são os que merecem maior atenção. Vários autores reconhecem que essa atividade de aquisição de conhecimento e sua futura validação é geralmente o gargalo no processo de construção de um SE [WAT86 e GEN86]. X

Ao entrevistar um especialista no domínio de aplicação para o qual está construindo um SE, o engenheiro de conhecimento (EC) formula um modelo mental do processo de resolução do problema. O especialista de fato, tem um modelo mental próprio que denota o procedimento de resolução do problema associado com sua profissão. No curso de construir um sistema baseado no conhecimento, tanto o construtor do sistema quanto o especialista continuamente revisam seus modelos respectivos. Embora o EC e o especialista do domínio possam ter modelos mentais diferentes no começo de suas colaborações, os modelos devem tender a uma convergência. Esta convergência se torna possível porque o processo de aquisição de conhecimento força todos os grupos a praticar seu modelo mental para um ponto fixo. Desta forma surge a base de conhecimento, que dará suporte ao motor de inferência [MUS88].

O desenvolvimento de um SE se inicia com o engenheiro de conhecimento entrevistando exaustivamente o especialista em um determinado domínio de aplicação. O EC codifica a perícia obtida em regras e fatos. Depois de representado simbolicamente o conhecimento extraído em uma forma computável, o computador simula o especialista, repetindo as análises e estratégias de solução de problemas do domínio de aplicação. ←

O conhecimento do domínio do problema referente a um SE é organizado separadamente de outros tipos de conhecimento do sistema, como os procedimentos de resolução de problemas ou de interação com o usuário. Esta coleção de conhecimento especializado é chamado Base de conhecimento (BC), e os procedimentos gerais de solução do problema, de máquina ou motor de inferência (MI). Um programa com conhecimento organizado desta forma chama-se Sistema Baseado em Conhecimento ou Sistema Especialista.

A Figura 1 mostra a estrutura básica de um SE. A base de conhecimento de um SE contém fatos (dados, tabelas) e/ou regras (fatos condicionais), ou outra representação que usa tais fatos como base para tomada de decisão. O motor de inferência decide como aplicar as regras e em que ordem, a fim de deduzir novos conhecimentos.

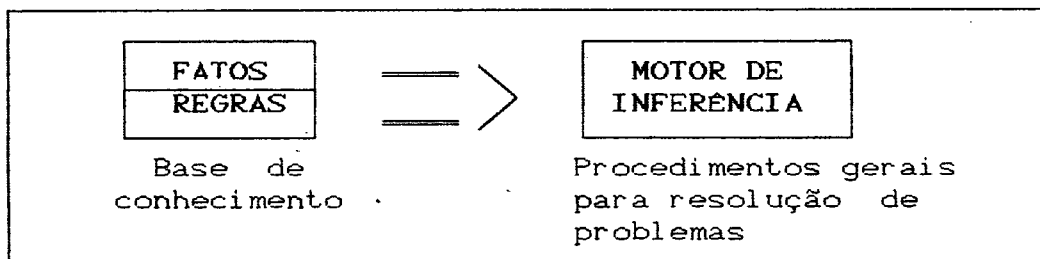


FIGURA 1 - Estrutura básica de um sistema especialista [GEN86].

Outros autores preferem usar outras composições. Uma delas é separar o módulo coletor de dados e o módulo explicativo do motor de inferência. Sendo assim o MI apenas processa a BC usando uma linha de raciocínio. E o módulo coletor de dados fica responsável pela comunicação com o usuário e/ou outros sistemas, sendo ativada pelo MI sempre que necessário. O módulo de explicação também seria conduzido pelo MI, sendo responsável pela explicação de como o MI (sistema) chegou a certas conclusões e por que está fazendo determinada pergunta. Como se pode ver, a essência é a mesma, não mudando a filosofia de resolução de problemas.

Na Figura 2 estão as etapas de desenvolvimento de um SE, as quais dão-se uma idéia do processo de construção dos SE.

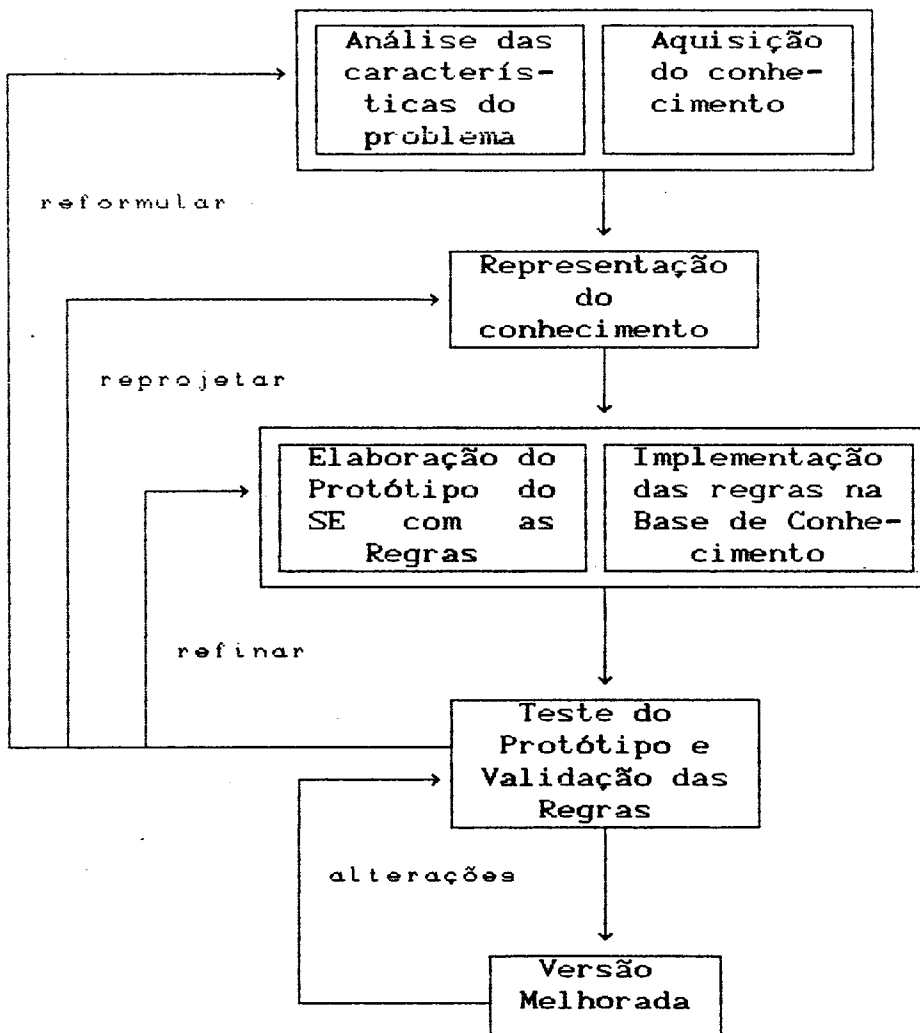


FIGURA 2 - Etapas no desenvolvimento de SE.  
Adaptado de [GON86].

A identificação do problema ou análise das características do problema ocorre juntamente com o processo de aquisição de conhecimento. Após esta etapa passa-se para a organização e conseqüente representação do conhecimento, escolhendo a forma que melhor se adapte ("frames", redes semânticas, cálculo de predicado de primeira ordem ou regras de produção), como será visto posteriormente.

Em seguida, será iniciada a elaboração de um protótipo com algumas regras e a implementação das regras da Base de Conhecimento, aumentando o número de regras até incluir todas. A inclusão deve ser feita gradativamente.

Dinamicamente se fazem testes com o protótipo e a conseqüente validação das regras. Neste ponto (estágio) pode-se retornar a qualquer das etapas anteriores (vide Figura 2), ou seja, reformular o problema, reprojeter a representação do conhecimento e refinar as regras.

Depois de encerrar-se a fase de testes, partir-se-á para uma versão melhorada, podendo se necessário fazer alterações até chegar em uma versão final.

## 2.2 - Identificação de Problemas

Vários autores tem conceituado o que são problemas e há várias incursões na tentativa de explicitar como as pessoas os resolvem [HAY83 e NIL71]. Uma importante atividade consiste em analisar a natureza do problema resolvido por especialistas, verificando sua possibilidade por meio de SE. Tem-se a idéia básica que os SE tem uma aplicação melhor em problemas que se utilizam do raciocínio humano, e problemas que existam alternativas de caminhamento e escolha para se chegar mais rapidamente ao alvo (objetivo).

Existem vários modelos propostos para caracterizar problemas. Há enfoques como: (a) quanto a natureza das decisões; (b) através de espaço de estados; (c) outros.

### a) Quanto a natureza das decisões.

A classificação dos problemas, segundo alguns autores, está relacionado ao processo e a natureza dos dados (conhecimento) envolvidos nas suas soluções como sendo: estruturados, semi-estruturados e não estruturados. Os estruturados são os problemas

cujo processo de solução é bem definido e único. Por exemplo, um problema de determinação das raízes de uma determinada equação. Os problemas que pertencem a esta classe podem mais facilmente ser resolvidos, pois, geralmente utilizam processos algorítmicos.

Os problemas semi-estruturados tem certa semelhança com os estruturados, sendo que muitas das vezes é necessário utilizar-se de heurísticas no processo de busca da solução.

Quando os dados não são bem definidos (geralmente quando tem probabilidade associada) e quando existem várias alternativas os problemas são não estruturados. Esta classe de problemas requer decisões cuja previsão em termos de resultados é difícil.

#### b) Enfoque de espaço de estados

Esta abordagem foi sugerida por Simon e Newell [GON86]. Segundo esses autores, essa é uma maneira que torna possível a percepção de complexidades na abordagem de problemas. Existem evidências de que se um determinado problema tem grande espaço de estados, existem indicações de complexidade, considerando que um especialista deve "trafegar" no mesmo com grande habilidade.

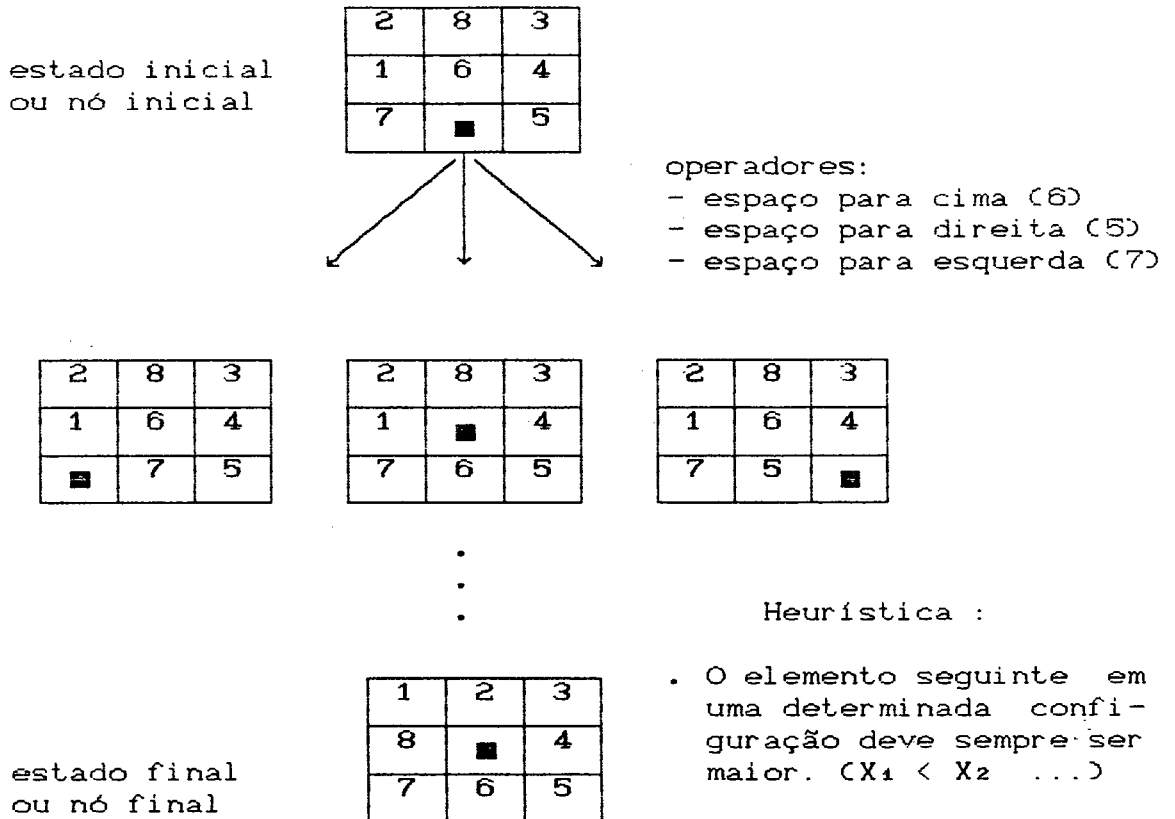
Talvez seja mais fácil conceituar os elementos pertencentes a este modelo através de um exemplo. No caso do jogo dos 8 quadros, conhecido como "8-puzzle". Neste jogo partimos de uma configuração inicial e desejamos alcançar uma determinada configuração final (alvo). Todas as configurações possíveis fazem parte do espaço de estados, e a mudança de um estado para outro ocorre através de operadores. Portanto os operadores podem ser considerados funções<sup>1</sup> cujo domínio e alcance são conjuntos de estados.

---

<sup>1</sup> Geralmente elas são funções parciais, onde o operador não pode ser aplicado em todos os estados.

A maioria dos SE em atuação foram projetados para a solução de problemas que tem o domínio de estados conhecido [GON86].

O jogo "8-puzzle" tem as seguintes características:



Não basta apenas chegar ao estado final (objetivo), devemos otimizar o problema, ou seja, minimizar o número de aplicações do operador. Portanto para completar uma representação de espaço de estado de um problema, nós devemos especificar tres aspectos: (a) a forma de descrição de estado e em particular, a descrição do estado inicial, (b) o conjunto de operadores e seus efeitos na descrição de estados, e (c) as propriedades da descrição de um estado objetivo (final) [NIL71].

As mudanças de estados podem ser, ou constituir, conjuntos incertos. A essas mudanças, pode-se associar fatores de probabilidade ou confiança. Isso nos permite alcançar soluções (objetivos) com graus de certeza (confiança ou probabilidade) associados a estas soluções [HAY83, ZAD83 e NEG85].

O processo de resolução de problemas segundo esse enfoque consiste em saber aplicar regras, de forma a se conduzir (trafegar) no espaço de estados dos problemas a procura de um objetivo (alvo). Assim, a utilização de um operador, ou seja, a mudança de um estado para outro se faz através de aplicação de regras.

A exposição (discurso) de um especialista compreende uma certa racionalidade em certos contextos das atividades humanas. No caso de SE essa racionalidade pode ser enquadrada dentro dos contornos da percepção e capacidade de abordagem de problemas.

## 2.3 - Aquisição, Organização e Representação do Conhecimento

Estas são as etapas que mais se deve ter cuidado na construção de um SE, pois as mesmas tem uma relação bionívoca. A aquisição de conhecimento é tratada por alguns autores como sendo o "gargalo" no processo de construção.

### 2.3.1 - Aquisição de conhecimento

Psicólogos e Cientistas do conhecimento tem estudado os especialistas (peritos) e suas técnicas de resolver problemas, usando métodos de observação e intuição para medir a performance e assim revelar a especialidade.

As formas de aquisição de conhecimento adotadas não são mencionadas na literatura de SE. Essa tarefa, que diz respeito à atividades do EC, tem uma grande e fundamental importância pois compromete a exequibilidade de um SE. O que se observa na maioria dos projetos de SE é a menção direta das regras representativas do conhecimento do especialista e não há uma descrição de como as mesmas foram adquiridas. Isto pode ser visto nos sistemas como, MYCIN, REACTOR, PROSPECTOR, SACON, R1 e outros [HAY83].

O especialista é a pessoa que irá fornecer a matéria



prima para, após ser trabalhada, constituir a Base de Conhecimento. Esse indivíduo deve estar disposto a fornecer de forma explícita, a sua forma de se conduzir nas fases de abordagem de problemas atinentes a seu domínio de conhecimento.

Devemos estar atentos para as diferenças existentes entre os chamados "práticos" e os "especialistas". Os práticos são aqueles indivíduos que exercem atividades predominantemente padronizadas do dia a dia. Detém uma grande quantidade de dados que operam com proficiência. Por outro lado, os especialistas, embora não manuseiem uma grande quantidade de dados, definem as atividades a serem feitas e como devem ser executadas. Os especialistas são capazes de projetar estruturas e descrever atividades funcionais.

Outro aspecto importante na aquisição de conhecimento, consiste na percepção do estilo cognitivo do especialista. Pessoas com diferentes estilos cognitivos tem maior ou menor facilidade em refletir e explicar sua maneira de se conduzir na identificação e solução de problemas. Isso descreve uma autodisciplina internalizada de condução do pensamento, prática e hábito de cultivar atividades de "pensar como pensa". Consiste de um meta conhecimento que atua como um "monitor" de racionalidade superior que facilita e controla a explicitação do conhecimento.

Em entrevistas com determinados especialistas observa-se com frequência respostas do tipo "sei decidir, mas não sei porque e como decidi".

As atividades de obtenção de conhecimento e sua representação estão dentro de uma área chamada engenharia de conhecimento segundo Feigenbaum [HAY83].

Alguns modelos para obter o conhecimento são apresentados a seguir, propostos por Buchanan (conforme cita [HAY83]).

a) Uma forma proposta, consiste na passagem automática (direta) do conhecimento do especialista para o elemento físico que

arquiva a BC. Existe aí um programa de interface com funções de edição e interpretação das regras para gerar as estruturas da BC. O especialista deverá observar no transcrever as regras, as descrições léxicas, sintáticas e semânticas adequados ao ambiente receptor do conhecimento.

A Figura 3 a seguir ilustra essa forma de aquisição.

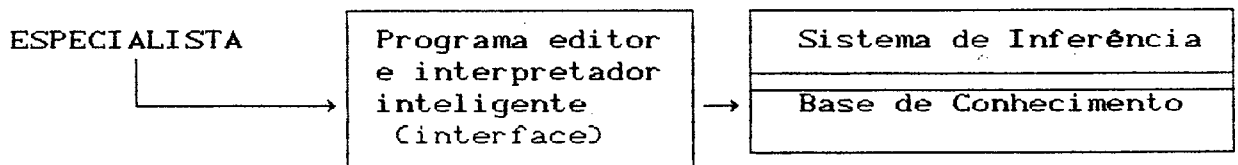


FIGURA 3 - Forma de aquisição de conhecimento usando um ambiente de interface [HAY83].

Algumas ferramentas são propostas com o intuito de facilitar a aquisição do conhecimento. Nessa linha pode se citar o KAS ("Knowledge Aquisition Systems"), EXPERT e OPSS mencionados em [HAY83].

b) Outra forma, considerada mais evoluída que a anterior, consiste em analisar dados arquivados em grandes bases de dados. Ou seja, utilizar um programa de indução que opere sobre as bases de dados através de associações causais e disso produzir dados conclusivos. As regras descritas formam a base de conhecimento.

A Figura 4 ilustra o método proposto.

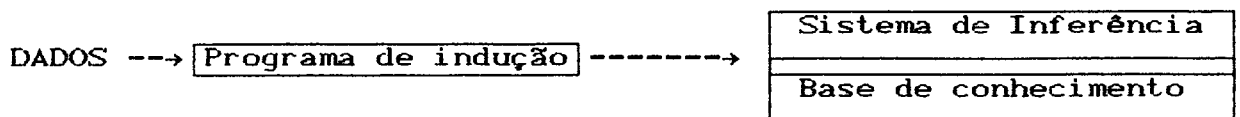


FIGURA 4 - Aquisição de conhecimento através de programa de indução aplicado a base de conhecimento [HAY83].

c) Uma outra proposta, consiste na aquisição de conhecimento direto através de livros textos. Para um melhor entendimento é interessante observar a Figura 5.

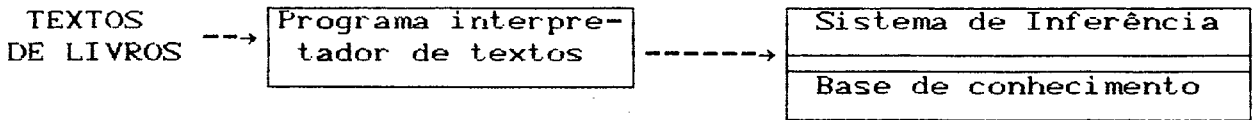


FIGURA 5 - Aquisição de conhecimento a partir de textos [HAY83].

d) Um outro processo, chamado método da observação tem início com o EC interagindo "face a face" com o especialista para obtenção do conhecimento através de uma série de entrevistas.

O método da observação consiste em acompanhar o perito na resolução de problemas reais no domínio, tendo cuidado de não falar ou fazer algo que influencie a solução do problema pelo perito.

Sugere-se o protocolo de "pensar em voz alta" para provar o mecanismo de solução de problemas usado pelos especialistas. Tais protocolos podem vir de informações sobre a organização de uma base de conhecimento do especialista, o conhecimento real que o contém, e a estrutura de controle usada para seletivamente ser aplicada nesse conhecimento. Estes métodos geralmente são seguidos por uma fase de refinamento, na qual o especialista comenta em modelos preliminares, novos desenvolvimentos para descrever seus comportamentos.

Os EC utilizando este método não devem interromper o especialista com questões ou comentários durante a solução do problema. Em vez disso, eles analisam o transcrito da seção depois do evento ter acabado, possivelmente com o auxílio do perito.

A figura 6 ilustra a proposta de Buchanan.

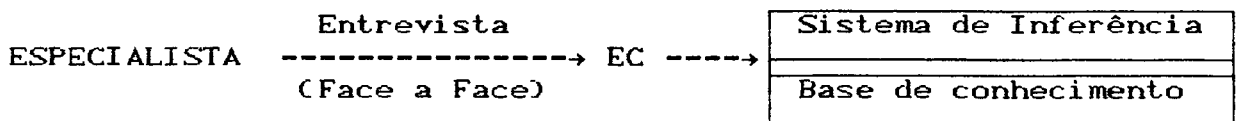


FIGURA 6 - Aquisição de conhecimento usando entrevista [HAY83].

e) O último método, que é uma variação do anterior foi apresentado por Waterman [WAT86].

É necessário fazer-se várias entrevistas e então usar o método intuitivo que conta com a introspecção do especialista. Em um caso, o EC o qual "investiga" e interage com o especialista e a literatura sobre o assunto com a intenção de se familiarizar com seus principais métodos de solucionar problemas (ele se torna um pseudo-perito). Atuando com esta capacidade, o EC desenvolve a representação de um modelo conceitual ("expertise"), o qual é então checada depois da opinião de outros peritos e eventualmente incorporada dentro de um programa de computador.

Também pode ocorrer que um autêntico e verdadeiro especialista atue como um construtor de teorias sobre seu próprio comportamento. Então o especialista, através de introspecção, tenta identificar as bases de seu próprio conhecimento e habilidade, e assim incorporá-lo diretamente dentro do computador.

Através de entrevistas, no momento em que o perito resolve o problema de forma introspectiva (falando em voz alta como está resolvendo), o EC consegue acompanhar o raciocínio do especialista, e sempre que lhe parecer apropriado, ele "pula" perguntando questões relevantes para estimular e testar o especialista. Neste processo o EC toma uma função mais ativa do que passiva, fazendo perguntas, sugerindo possibilidades racionais, conceitos e regras hipotéticas.

Infelizmente, não existem métodos gerais para aquisição de conhecimento. No entanto, algumas técnicas podem ser utilizadas para esta tarefa e estão resumidas no Quadro 2.

Outro fator que não pode ser esquecido é que o EC deve se esforçar para empregar os termos técnicos do domínio de conhecimento em questão. Isso exige do EC uma preparação prévia no assunto para enriquecer o diálogo com o especialista.

**Q U A D R O 2 - Técnicas para extração de conhecimento a partir de especialistas [GEN86].**

MÉTODO	DESCRIÇÃO
Observação local	Assistir ao especialista resolver problemas reais
Discussão de problemas	Explorar o tipo e dados, conhecimentos e procedimentos necessários para resolver problemas específicos
Descrição de problemas	Solicitar ao perito que descreva protótipos de problemas para cada categoria de perguntas do domínio
Análise de problemas	Apresentar ao perito uma série de problemas reais para ser resolvida com todos os passos de raciocínio
Refinamento do sistema	Testar a solução de uma série de problemas usando regras adquiridas nas entrevistas
Verificação do sistema	Solicitar ao perito que examine e critique o protótipo do sistema, regras e estrutura de controle
Validação do sistema	Mostrar os casos resolvidos pelo perito e sistema protótipo para outros peritos

**2.3.2 - Organização e Representação do Conhecimento**

Quando os cientistas da Inteligência Artificial (IA) usam o termo conhecimento, eles querem dizer que uma informação para um programa de computador necessita antes poder comportar-se inteligentemente. Esta informação pode tomar a forma de fatos ou regras como são mostrados abaixo.

**Fatos :** O tanque # 22 contém fungicida de contato (captan).  
O excesso de fungicida traz danos ao ambiente e ao consumidor.

**Regras:** SE houve infecção do fungo da sarna                   E  
          o fungicida aplicado foi sistêmico                   E  
          o fungicida estava ativo                               E  
          choveu até 25 mm

ENTÃO não existem evidências para pulverização.

Fatos e regras em um SE nem sempre são verdadeiros ou falsos, algumas vezes existe um grau de certeza sobre a validade de um fato ou a exatidão (acurácia) de uma regra. Quando esta dúvida é feita explicitamente, ela é chamada *fator de certeza* ou *grau de verdade*. A seguir são ilustrados o uso de fatores de certeza ou incerteza.

**Fatos :** O tanque # 22 contém fungicida de contato com certeza 1.0  
O aspersor da bomba está defeituosa com certeza 0.8

**Regras:** SE houve infecção do fungo da sarna > 0.8,  
o fungicida aplicado foi sistêmico com certeza 1.0,  
o fungicida estava ativo com certeza 0.9,  
choveu até 25 mm com certeza > 0.7  
ENTÃO não existem evidências para pulverização embora  
tenha ocorrido infecção com certeza 1.0

Muitas das regras em SE são heurísticas, regras do domínio ("rules of thumb") ou simplificações que efetivamente limitam a busca para soluções. As buscas para as soluções podem ser algorítmicas ou heurísticas. Um método algoritmo, garante produzir a solução ótima ou correta para o problema, enquanto um método heurístico produz uma solução aceitável. Outra diferença está no tempo para achar a solução. Por vezes é mais interessante ter uma solução aproximada rapidamente do que obter a melhor solução depois de centenas ou milhares de iterações.

O conhecimento em um SE é organizado em um caminho que separa o conhecimento sobre o domínio do problema do sistema de outro conhecimento, tais como conhecimento geral sobre como resolver problemas ou conhecimentos sobre como interagir com o usuário (por exemplo), como imprimir um relatório para o usuário final ou modificar linhas de dados, etc. Esta coleção de conhecimento do domínio é chamado base de conhecimento, enquanto que o conhecimento geral para solução do problema é chamado MI conforme já foi mencionado anteriormente.

Os estudos das formas de representação do conhecimento humano, de uma forma ampla, encontram-se fundamentados nos campos da semiótica (signos), da lingüística e principalmente no da

lógica. Essas são grandes áreas que evocam variadas correntes de pensamento envolvendo um grande número de filósofos, matemáticos e lingüistas conforme cita Nils Nilsson [NIL71].

A construção de um modelo não é uma tarefa simples, pelo contrário implica num grande número de considerações. Um modelo é uma simplificação e como tal corre-se o risco de jogar fora ou omitir-se elementos relevantes ou introduzir correlações espúrias que induzem a observações impróprias.

Vários modelos de dados são mencionados na literatura de Banco de Dados (BD), por outro lado surgiram outros modelos vindos de outras correntes de pesquisa, diferentes do enfoque de BD. Esses se organizam por linhas e grupos de pesquisa em IA. Tais modelos podem ser vistos e referenciados como formas para representação do conhecimento.

Um elemento atômico considerado como "dado" pode ser representado pela tupla < nome do objeto, propriedade do objeto, valor, tempo >. Uma outra dimensão pode ser necessária, se inserirmos a incerteza do dado, assim incorporamos à tupla anterior a nova dimensão, ou seja: < nome do objeto, propriedade do objeto, valor, tempo, fator de incerteza do dado >. Essa última dimensão pode afetar, inclusive, apenas alguns dos componentes da tupla.

Para melhor visualização da tupla, vejamos o exemplo considerando a categoria "empregado" de uma organização, onde: <nome do empregado>=(José), uma <propriedade>=(cidade do empregado) e <valor>=(30 anos). Nesse caso, o tempo e a incerteza foram eliminados da representação do dado mas poderiam existir incidindo sobre o próprio objeto como também sobre outros descritores, ou seja, propriedade do objeto e o valor.

Os relacionamentos entre os dados não são percebidos ou representados na tupla anterior, pois essa descreve o dado, descreve entidades, seus atributos e seus relacionamentos, na sua forma isolada. A representação, descrição e relacionamento interdados devem ser alcançados com o modelo de dados.

Alguns modelos representam adequadamente, de forma explícita, o relacionamento entre os dados, outros de maneira implícita. Por exemplo, o modelo de rede semântica que será visto depois, que usa a representação através de grafo, apresenta relações explícitas.

Serão vistos os modelos considerados de maior importância a nível conceitual. Aqueles que procuram enfatizar as formas de caracterizar o conhecimento humano. Esses modelos são considerados relevantes na representação de conhecimento [HAY83, WAT86 e GEN86].

Fazem parte deste modelo as seguintes representações:

- 1) Quadros ("Frames");
- 2) Redes Semânticas;
- 3) Cálculo de Predicados de Primeira Ordem (CCPO), e
- 4) Regras de Produção (RP).

1)Quadros: a idéia foi originalmente proposta por Minsky (1975) como uma base para entendimento da percepção visual, diálogos da linguagem natural, e outros procedimentos complexos. A estrutura de quadros ("frames") especialmente designada para representar seqüências de eventos, se baseia em considerar que as pessoas veem ou percebem as coisas segundo cenas ("frames" ou quadros).

A representação do conhecimento pelo modelo de "frame" prove uma estrutura de quadros (uma moldura), com que novos dados são interpretados em termos de conceitos adquiridos através de experiência prévia. Além disso, a organização deste conhecimento facilita o processamento de expectativa-dirigida, olhando para coisas que são esperadas, baseado no contexto de pensar-se "onde está". O mecanismo representacional que faz possível esta espécie de raciocínio é a ranhura ("slot" ou janela), o lugar onde o conhecimento combina-se com o contexto criado pelo quadro. Por exemplo, um "frame" simples para um conceito genérico de cadeira pode ter "slots" de número de pés e tipo de assento.



Na Figura 7 a seguir, mostra-se uma forma simplificada do uso de quadros em uma "busca de documentos".

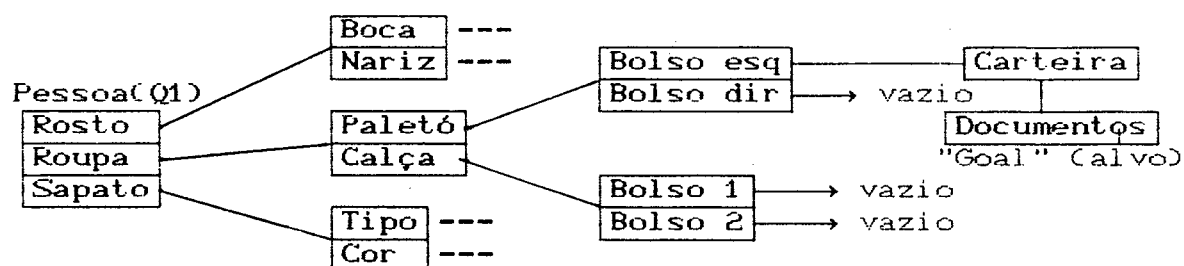


FIGURA 7 - Representação de uma busca usando "frames"  
Adaptado [GON86].

Algumas tentativas ou caminhos podem não ser bem sucedidos na busca para se chegar aos documentos. Nesse caso, pode-se voltar a quadros anteriores, para daí se dirigir a outro subquadro em outro ou no mesmo nível.

2) O termo rede semântica é usada para descrever um método de representação do conhecimento baseado em estruturas de rede. Rede semântica foi originalmente desenvolvido para uso como modelo psicológico da memória humana, mas é agora um método de representação para Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas. A rede semântica consiste de pontos chamados *nós* conectados por elos chamados *arcos* descrevendo as relações entre os nós. Esta estrutura constitui um grafo dirigido valorado. Os nós representam entidades, objetos, conceitos. Já os arcos (valorados) estabelecem uma relação entre os nós. Os arcos podem ser considerados como predicados.

Os primeiros sistemas baseados em redes semânticas foram entendidos como modelos psicológicos da memória. Bertram Raphael (1968) projetando SIR, o qual foi um dos primeiros programas a usar técnicas de rede semântica em sistemas de IA. Já em meados de 1970, Robert Simmons utilizou a representação de rede semântica para uso em sua pesquisa no entendimento de linguagem natural. Atualmente tal estrutura tem-se evidenciado para representação de sistemas que usam *linguagem natural e cenários*.

A Figura 8 a seguir, constitui um exemplo de rede semântica.

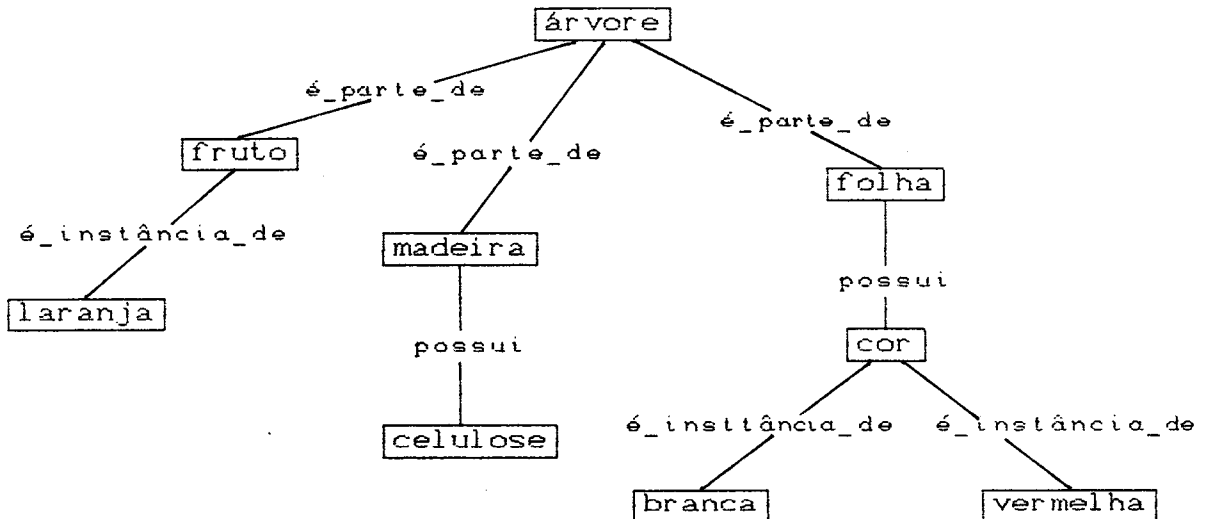


FIGURA 8 - Um exemplo de representação de rede semântica [GON86].

3) A lógica, que foi um dos primeiros esquemas de representação usado em IA, tem dois ramos importantes e interligados. O primeiro é a consideração de "O que pode ser dito", que relações e aplicações podem formalizar, os axiomas de um sistema. O segundo é a estrutura dedutiva, as regras de inferência que determinam o que pode ser inferido se certos axiomas que estão agrupados para serem verdadeiros. Esta é a mesma lógica estudada por Boole, Frege e Russel em meados do século 19 [BAR81].

O Cálculo de Predicado de Primeira Ordem (CCPO) é um ramo da lógica que tem tido grande utilidade em sistemas da IA. O CCPO é uma extensão das noções de cálculo proposicional.

A representação do conhecimento usando cálculo de predicados deve ser constituída com vistas a um ambiente de programação usando lógica dos predicados. O modelo CCPO é descrito por uma linguagem com componentes básicos como: símbolos predicados, símbolos variáveis, símbolos funções, e conjunto de símbolos constantes, parênteses e vírgula [NIL71].

As relações entre os componentes de um discurso são feitos através de símbolos predicados. Assim a sentença "DUMONT PILOTOU 14BIS" pode ser representado por  $PILOTOU(DUMONT,14BIS)$ , onde PILOTOU é o símbolo predicado, DUMONT e 14BIS são símbolos constantes. Outra forma de apresentar a sentença anterior é na forma  $PILOTOU(DUMONT,X)$ , onde X é um símbolo variável podendo assumir vários valores (instâncias). O exemplo anterior constitui uma forma atômica. As ligações entre fórmulas atômicas são feitas por conectivos " $\vee$ " (ou), " $\wedge$ " (e) e " $\Rightarrow$ " (implicação). Usa-se também o conectivo unário " $\neg$ " para negação. Um exemplo simples pode mostrar o uso dos conectivos, ou seja,  $PILOTOU(DUMONT,X) \wedge \neg PILOTOU(DUMONT, JUMBO) \Rightarrow NOME(X,14BIS) \vee NOME(X,DEMOISELE)$ . Outros exemplos de sentenças bem formados de representação do conhecimento através do cálculo de predicados.

- 1)  $\forall (x) \text{ Matéria\_Prima}(x) \Rightarrow \text{Compra}(x)$
- 2)  $\forall (x) \text{ Produto\_não\_fabricado}(x) \Rightarrow \text{Matéria\_Prima}(x)$
- 3)  $\forall (x) \text{ Compra}(x) \Rightarrow \text{Preço}(x)$
- 4)  $\forall (x) \text{ Atingiu\_ponto\_estoque}(x) \wedge \exists (y) \text{ Fornece}(x,y) \Rightarrow \text{Convide}(x,y)$
- 5)  $\forall (x) \text{ Preço}(x) \Rightarrow \text{Condições\_pagamento}(x)$

Como podemos ver, a representação anterior não completa todas as questões referentes ao controle de uma empresa, porém já nos dá uma idéia aproximada de como devemos trabalhar.

A linguagem PROLOG implementa estruturas lógicas como as anteriores. O interessante neste tipo de representação é que a BC é descrita por relações lógicas, tipo das anteriores, que são escritas em qualquer ordem e cabe ao PROLOG mostrar as inferências (substituição, separação e os encadeamentos) necessárias [GON86].

4) Sistemas de Produção foi primeiro proposto por Post (1943) mas desde então tido tal desenvolvimento em aplicação e teorias da IA que os sistemas correntes tem pouco em comum com a formulação de Post. Como no caso do termo de rede semântica que refere-se há vários esquemas de representação de conhecimento diferentes baseado no formalismo nó e elo. Assim o termo sistema de produção é usado

para descrever vários sistemas diferentes baseados em caminhos gerais. A idéia é subordinada a noção de pares de condição-ação, chamadas regras de produção (RP), ou somente produção.

Sistemas de produção (SP) ou Regras de produção segundo Nils Nilsson [NIL71], são aqueles que usam como parte de sua estrutura os seguintes componentes básicos: uma Base de Dados Global (BDG), um conjunto de regras de produção e um sistema de controle (SC). Alguns autores chamam o sistema de controle de Máquina ou Motor de Inferência, a BDG de contexto e o conjunto de regras de produção de base de regras.

A BDG pode ser vista como área de trabalho onde são armazenados os dados ou fatos intermediários deduzidos durante o processo de inferência ou introduzidos externamente.

Uma regra de produção é uma declaração referenciada por *SE ... ENTÃO ...* ("IF ... THEN ... rules") e usa como parte de sua arquitetura uma Base de Conhecimento, representada por um conjunto de regras de conhecimento arquitetadas numa relação de "condição e ação". Geralmente são descritas da forma:

SE :<antecedente>;

ENTÃO:<conseqüente>.

Os antecedentes correspondem "as condições" (premissas) e os conseqüentes "as ações" (conclusões). Durante a execução de um SP, uma regra de produção cuja parte da condição é satisfeita pode *disparar*, isto é, pode ter sua parte da ação executada pelo SC.

O SC é um programa cujo papel é decidir qual o próximo passo, após cada tarefa de decisão. Ou seja, a partir de alguns valores externos ou existentes na BDG tenta disparar ou aplicar as regras de produção. Este sistema tenta disparar as regras segundo técnicas como, busca para trás ("Backward chaining") ou busca para frente ("Forward chaining") ou a combinação de ambas. O processo encerra-se quando algum evento terminal na BDG ocorrer (atingir o objetivo) ou quando nenhuma regra for possível de ser aplicada.

Os sistemas de produção operam em ciclos, em cada ciclo, as RP são examinadas em uma maneira específica para o SC ver qual delas está apropriada, uma simples regra é selecionada entre elas. Finalmente, a regra é disparada. Estas três fases de cada ciclo são chamadas acasalamento ("matching"), resolução de conflitos e ação.

Rychener (1976) construiu vários sistemas de produção para representar um número de sistemas de IA que tinham sido desenvolvidos anteriormente com outras técnicas. Podemos citar o STUDENT (Bobrow), GPS (Newell e Simon), EPAN (Feigenbaum) e SHRDLU (Winograd). A pretensão de Rychener era de mostrar que o formalismo do SP era um formalismo para programação [BAR81].

Talvez a palavra final no SP é que eles capturam em um esquema de representação maleável um certo tipo de conhecimento para resolução de problemas, conhecimentos sobre o que fazer em uma situação específica. Embora esta espécie de conhecimento seja basicamente *procedural*, o formalismo de SP tem muitas das vantagens do esquema de representação declarativa, mais importante, *modularidade* das regras. Além disso, o modo que as RP são estruturadas é muito similar ao modo que as pessoas falam quando resolvem problemas. Por esta razão, SP tem sido usado como a "espinha dorsal" dos SE como o DENDRAL, MYCIN e PROSPECTOR [BAR81].

## 2.4 - Tratamento de Incerteza

Ao contrário da lógica clássica que apresenta a agradável propriedade de definir os fatos como verdadeiros ou falsos, o mundo real tem situações em que a validade da maioria das observações é governada por um fator probabilidade associado.

O ser humano enfrenta situações de incerteza sem muitos problemas, pois está acostumado a elas. Contudo, fazer o computador trabalhar com incerteza toma algum esforço. A união da lógica com a incerteza não é uma tarefa fácil, o resultado é algumas vezes chamado lógica difusa, pois o valor verdade é baseado na verossimilhança, mais que somente nos fatos.

Um dos focos de pesquisa em IA tem sido o problema de "raciocínio aproximado". O problema negocia com decisão de processos de raciocínio e decisão em situações onde a informação é deficiente em um ou mais dos seguintes caminhos: informação é parcial, a informação não é completamente confiável, a linguagem de representação é inerentemente imprecisa e informações de múltiplas fontes é conflitante.

A resolução de problemas de decisões pelos humanos é feita muitas vezes em ambientes onde a informação concernente ao problema é parcial ou aproximado. Pesquisadores da IA tem tentado imitar esta capacidade em SE baseado no computador. Muitos destes métodos usados necessitam no tempo de fundamentos teóricos. Muitas teorias por manusear incerteza de informações tem sido propostas no passado recente.

A seguir daremos uma breve descrição das principais teorias que serão examinadas: 1) Teoria da Probabilidade Bayesiana; 2) Teoria da Evidência de Dempster e Shafer; 3) Teoria da Possibilidade de Zadeh, e 4) Fatores de certeza.

1) A Probabilidade é certamente a mais antiga e o formalismo mais largamente usado para representar incerteza.

A probabilidade de uma proposição, segundo a Teoria Bayesiana, é uma medida do grau de confiança (crença) em uma hipótese incerta, dando assim a evidência *pró* e *contra* a hipótese [COH85]. Conforme Shortliffe em [COH85], o método matemático que originou o Teorema de Bayes e consequentemente a probabilidade Bayesiana é especialmente atrativa na construção de modelos de diagnósticos.

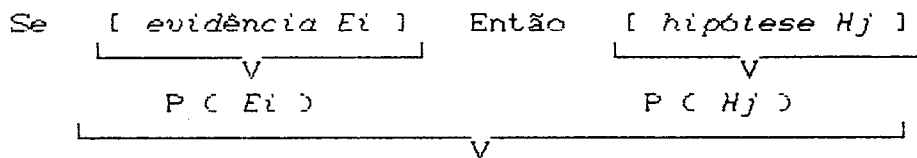
Semelhantemente a Teoria de Probabilidade Clássica a probabilidade Bayesiana refere-se ao grau de confiança em uma hipótese. Ela está diretamente ligada ao Teorema de Bayes.

Uma das principais formas de se representar o conhecimento adquirido junto a especialistas é através das chamadas

regras de produção, dadas na seguinte forma :

*Se Premissa Então Conclusão.*

Quando as ocorrências formalizadas nas regras (Premissa ou Conclusão) assumem o caráter incerto, pode-se atribuir probabilidades a estes fatos, como demonstrado a seguir:



TEOREMA DE BAYES :

$$P ( H_i / E ) = \frac{P ( E, H_i )}{P ( E )} = \frac{P ( E / H_i ) \cdot P ( H_i )}{P ( E )}$$

Esta teoria traz alguns inconvenientes, onde o principal é o fato de que a lista de hipóteses deve ser necessariamente exaustiva e mutuamente independente. Um ponto bastante questionado por pesquisadores da IA é o fato de não se poder remover ou adicionar avaliações probabilísticas, o que é comumente feito pelos especialistas. A necessidade de se fazer inferências em toda a base de regras afetadas por determinada evidência que está sendo considerada, pode trazer considerável complexidade computacional, com os cálculos sendo lentos e complicados.

2) O desenvolvimento da teoria da evidência de Dempster e Shafer foi iniciada por Arthur Dempster e extendida por seu aluno Glenn Shafer [FUN86]. Esta teoria é uma generalização da teoria da probabilidade com sua origem em uma teoria de probabilidade superior e inferior. A seguir veremos uma breve descrição da teoria.

Seja  $\theta$  um conjunto de proposições exaustivas e mutuamente exclusivas sobre o domínio.  $\theta$  é chamado quadro de discernimento.  $2^\theta$  denota o conjunto de todos os subconjuntos de  $\theta$ . Para efeitos de exemplificação sejam A e B subconjuntos de um quadro de discernimento.

São definidas três funções: a distribuição de probabilidade básica ( $m$ ), a função de crença (*crença*) e a função de plausibilidade ( $Pl$ ). Estas funções tem o mesmo domínio e intervalo. Seu domínio é  $2^{\Theta}$  e seu intervalo é  $[0,1]$ .

Uma distribuição de probabilidade básica ( $m$ ) deve obedecer estas restrições:

$$1) m(\emptyset) = 0$$

$$2) \sum_{A \in \Theta} m(A) = 1$$

A função de crença pode ser definida em termos de uma distribuição de probabilidade básica  $m$  por:

$$\text{crença}(A) = \sum_{B \subseteq A} m(B)$$

A função de plausibilidade pode ser definida em termos de uma função de crença (*crença*) por:

$$Pl(A) = 1 - \text{crença}(\bar{A}) \text{ onde } \bar{A} \text{ é o complemento de } A.$$

Cada uma das funções leva a mesma informação. Isto é, existe uma única transformação uma-a-uma entre as funções. Portanto, cada função tem uma única interpretação. A distribuição de probabilidade básica de um subconjunto de  $\Theta$  pode ser interpretado como a massa de probabilidade *agregada* ao subconjunto. A crença de um subconjunto de  $\Theta$  pode ser interpretada como a medida da probabilidade superior do subconjunto, isto é, a massa de probabilidade mínima no subconjunto. E a plausibilidade de um subconjunto de  $\Theta$  é a probabilidade superior de um subconjunto, isto é, a massa de probabilidade máxima no subconjunto.

3) A teoria da possibilidade foi proposta por Lofti A. Zadeh embasada na teoria de conjuntos difusos, para representar incerteza (imprecisão) inerentes em alguns termos lingüísticos [ZAD83]. Para um dado quadro de discernimento uma distribuição de possibilidade pode ser definida em um caminho, muito similar ao da distribuição de probabilidade [BHA86]. Mas existe uma diferença qualitativa



entre a probabilidade e a possibilidade de um evento que pode ser ilustrado pelo exemplo a seguir dado por Zadeh. Considere o seguinte fato "Hans comeu  $X$  ovos no café da manhã", com  $X$  tendo valores em  $U = \{1,2,3,4,\dots\}$ . Uma distribuição de possibilidade  $P(u)$  pode ser associada com  $X$  para interpretar  $P(u)$  com o grau de "facilidade" com que Hans pode comer  $u$  ovos. Uma distribuição de probabilidade  $Pr(u)$  dá-nos a probabilidade de Hans comer  $u$  ovos no café da manhã. As duas distribuições podem ser vistas como segue:

$u$	1	2	3	4	5	6	7	8
$P(u)$	1	1	1	1	0.8	0.6	0.4	0.2
$Pr(u)$	0.1	0.8	0.1	0	0	0	0	0

Pode-se ver que um alto grau de possibilidade não implica em alto grau de probabilidade, nem um baixo grau de probabilidade implica em baixo grau de possibilidade. Portanto, um evento impossível pode também ser improvável.

O conceito de teoria de possibilidade tem sido construída sobre a teoria de conjuntos difusos e é bem conveniente para representar a imprecisão de predicados lingüísticos vagos como "jovem", "alto", etc. O predicado vago *jovem* induz a um conjunto difuso e a correspondente distribuição de possibilidade.

4) Devido a necessidade de uma teoria forte para manipular incerteza, muitos SE primitivos tais como CASNET, INTERNIST e MYCIN, adotaram alguns esquemas que trabalharam bem, mas tiveram somente uma pequena base teórica. No MYCIN, o conceito de *fator de certeza* (FC) foi usado. Neste esquema fatos e regras devem assumir um número no intervalo  $[0,1]$  representando a avaliação da verdade da premissa ou da regra. A certeza de duas premissas  $a$  e  $b$  são transmitida para sua conjunção pelo operador difuso  $FC(a \wedge b) = \min[FC(a), FC(b)]$ . Com duas regras, "se  $a$  então  $b$ " e "se  $b$  então  $c$ ", a certeza combina com a função  $1 - FC(c) = [1 - FC(a)].[1 - FC(b)]$ , assim fortalece um ao outro. Além disso, esta regra é associativa, isto é, a ordem de combinação é indiferente. O ambiente FC pode ser

visto como um caso especial da função de crença onde cada quadro tem sómente um ponto focal. Assim como, a combinação de regra para o FC é um caso especial da regra de Dempster [BHA86].

Um ambiente diferente foi usado no PROSPECTOR, um SE para ajudar na exploração mineral. O cálculo da incerteza neste sistema é vagamente relatado na teoria da probabilidade. O PROSPECTOR usa variáveis denotado por  $x$ ,  $\bar{x}$  e regras expressadas na forma SE  $x$  ENTÃO  $y$  (para grau LS e LN), onde LS é a razão de probabilidade  $P(x/y)/P(x/\bar{y})$  que mede o incremento multiplicativo na probabilidade em  $y$  sendo verdade se  $x$  for verdade.  $LN = P(\bar{x}/y)/P(\bar{x}/\bar{y})$  é o efeito se  $x$  é falso. Especificações de LS, LN e  $P(x)$ , obedecem as leis da probabilidade para poder determinar  $P(y)$ .

Em um trabalho de Benjamin N. Grosf, mostrou-se que o Método de Fator de Certeza revisado e o Método Prospector são casos especiais da Teoria de Dempster e Shafer [BHA86].

## 2.5 - Ambientes para construção de SE

Escolher o escopo do problema corretamente e escolher a ferramenta certa para construir o sistema especialista são certamente duas das decisões mais difíceis de se fazer no desenvolvimento de SE.

Selecionar uma ferramenta é difícil porque muitas das ferramentas foram desenvolvidas para manusear uma classe de problemas. E é também verdade que nenhuma das ferramentas servirá perfeitamente para todas as classes.

As linguagens de programação usadas para aplicações de SE são geralmente qualquer linguagem orientada ao problema (procedural ou manipulação numérica), tais como FORTRAN, PASCAL e C, ou linguagens de manipulação simbólica, tais como o LISP e PROLOG. Linguagens procedurais são designadas para classes particulares de problemas, como o FORTRAN é mais conveniente utilizar em cálculos algébricos e aplicações em áreas científicas,

matemáticas e problemas estatísticos. Linguagem de manipulação de símbolos são designadas para aplicações de IA. Como é o caso do LISP que tem mecanismos para manipulação de símbolos na forma de estrutura de listas. Uma lista é simplesmente uma coleção de itens fechados por parênteses, onde cada item pode ser também um símbolo ou outra lista.

A mais popular e largamente usada linguagem de programação usada para aplicações de SE é o LISP, embora o PROLOG pareça ser vantajoso ganhando em popularidade. Linguagens como estas são mais convenientes para trabalhar em IA.

O Quadro 3 a seguir, mostra algumas linguagens de programação utilizadas na IA.

**Q U A D R O 3 - Linguagens de programação da IA.**

Fonte: [WAT86, HAY83]

Linguagem	Descrição	Desenvolvido por
LISP	orientado ao procedimento	LISP Machine, Inc.
INTERLISP	orientado ao procedimento	Xerox Corporation
PROLOG	baseado em Lógica	Quintus Computer Systems, Inc.
SMALLTALK-80	orientado ao objeto	Xerox Corporation
ZETALISP	orientado ao procedimento	Symbolics, Inc.

Linguagens como o LISP, oferecem grande flexibilidade para construir SE mas falham, ou seja, oferecem pouca ajuda em representar o conhecimento ou mecanismos para acessar a BC. De outra forma o PROLOG já vem com um sistema de controle (MI) embutido, que dá suporte aos construtores. Em versões mais recentes já vem incorporado o editor TURBO, o que facilita em muito sua edição e compreensão.

Por outro lado, linguagens da engenharia de conhecimento ("shells" ou cascos), como KAS, oferecem pequena flexibilidade onde o construtor do sistema pode usar o sistema de controle definido

pela máquina de inferência já feita. Elas dão, portanto, suporte na representação e MI já feitos para controle e uso da BC.

A seguir, no Quadro 4 apresenta-se algumas linguagens da EC.

**Q U A D R O 4 -** Linguagens da engenharia do conhecimento (shells). Adaptado [WAT86, HAY83]

Ferramenta	Descrição	Ling. implementada	Desenvolvimento
AL/X	baseado-regra	PASCAL	Intelligent Terminal Ltd.
EMYCIN	baseado-regra	INTERLISP	Stanford University
EXPERT	baseado-regra	FORTRAN	Rutgers University
LOOPS	baseado-regra	INTERLISP	Xerox PARC
	orientado ao procedimento		
	orientado ao objeto		
	acesso-orientado		
MRS	baseado-regra	INTERLISP	Stanford University
	orientado a lógica		
OP55	baseado-regra	BLISS	Carnegie-Mellon
		MACLISP	University
		FRANZLISP	
		INTERLISP	
ROSIE	baseado-regra	FRANZLISP	Carnegie-Mellon
	orientado ao procedimento		University
	baseado-frame		
EXSYS	baseado-regras	-----	Base Tecnologia
SAFO	baseado-lógica	SNOBOL	PUC/RJ

Uma linguagem da EC é uma ferramenta sofisticada para desenvolver SE, consistindo de uma linguagem de construção de SE integrado em um ambiente de suporte extensivo.

Algumas ferramentas surgiram da construção de SE, como é o caso do EMYCIN, que originou-se da construção do MYCIN, e o EXPERT que surgiu à partir do CASNET [WAT86].

### III - O SISTEMA E SUA AVALIAÇÃO

#### 3.1 - Considerações sobre a Linguagem Escolhida

Várias linguagens hoje no mercado tem seus propósitos determinado por sua eficiência em uma determinada área. Atualmente podemos classificar as linguagens em *procedural* e *lógica*.

A primeira classe, as procedurais, contém o BASIC, PASCAL, C, FORTRAN e outras; enquanto que a segunda classe engloba o LISP e o PROLOG. Neste caso não se mencionam os *cascos* ("shells") que foram feitas ou originaram-se à partir de SE específicos.

Segundo a literatura, a pesquisa em IA nos Estados Unidos conta predominantemente com LISP como linguagem de programação. Pesquisadores Franceses, Ingleses e Japoneses adotaram uma linguagem radicalmente diferente, designada para a manipulação de conhecimento, o PROLOG [KRA87].

Alguns estudos de Clark e McCabe [KRA87] que comparam o uso do Prolog e Lisp, resultaram que o compilador Prolog é tão rápido quanto o compilador Lisp, inerentemente provendo todas as facilidades necessárias para construir SE, e facilidades de implementação de metodologias de raciocínio inexato (nebuloso). Os autores comentaram que o Prolog, sobre seu estado corrente de desenvolvimento, é comparado favoravelmente com velhos pacotes de SE baseado no Lisp.

Comenta-se que a principal vantagem do Prolog sobre o Lisp são: (1) o uso do cálculo de predicado de primeira ordem, (2) declaração não-procedural dos "goals" (alvos) [KRA87].

A linguagem PROLOG, da qual o TURBO PROLOG é uma versão para PC, foi desenvolvida em 1972 por Alain Colmerauer e seu grupo na Universidade de Aix-Marseille. O interpretador foi primeiro escrito em ALGOL-W, e então em FORTRAN em 1973 e PASCAL em 1976 [KIM87]. PROLOG é uma contração de PROgrammation en LOGique.

O processamento simbólico do conhecimento é mais fácil com o Prolog do que com muitas linguagens "tradicionais" usadas para o processamento de cálculos numéricos [BIH87]. Prolog descreve objetos e relacionamentos entre estes objetos, um programa consiste de: (1) um conjunto de dados; (2) uma série de regras e (3) um alvo para ser provado. Imagine um "database" representando relacionamentos familiares. Mostra-se, por exemplo que, João é pai de Paulo e Clara, e que José é pai de Cecilia, assim pode-se escrever:

- No 1 - João é o pai de Paulo.
- No 2 - João é o pai de Clara.
- No 3 - José é o pai de Cecilia.

Portanto, se quiséssemos saber de quem João é pai, naturalmente poderia-se rapidamente olhar no database e comparar a questão:

- João é o pai de QUEM ?  
com cada linha do database:

- 1 - Comparando 'João é o pai de QUEM' com  
'João é o pai de Paulo'  
Concluí-se que de fato: QUEM = Paulo.
- 2 - Comparando 'João é o pai de QUEM' com  
'João é o pai de Clara'  
Concluí-se que de fato: QUEM = Clara.
- 3 - Comparando 'João é pai de QUEM' com  
'José é pai de Cecilia'  
Não concluí-se nada.

Na verdade, tem-se que fazer uma comparação entre duas frases, a questão (pergunta, "goal") e cada linha do database.

A grande vantagem desta linguagem é sua sintaxe, que permite-nos simplificar frases. Com o Prolog, a entrada de frases

(Ou mais precisamente fatos ou asserções) e questões é mais fácil, e com poucas excessões, onde os resultados são automaticamente mostrados na tela. Um índice de livros por exemplo pode facilmente ser criado e consultado:

- livro(huxley,aldous,"brave new world")
- livro(huxley,aldous,"crome yellow")
- livro(corwell,george,"1984")
- livro(bihan,patrice,"programming on the amstrad") etc.

Para consultar os livros de Huxley, a pergunta:

- livro(huxley,aldous,LIVROS) ?

Teria-se:

LIVROS = "brave new world"

LIVROS = "crome yellow"

Note que esta é uma nova forma de representar fatos, e portanto perguntar questões. Como no exemplo os objetos no database são conectados por relacionamentos precisos. No exemplo anterior o objeto 'João' é conectado com o objeto 'Clara' pelo relacionamento 'é pai de', que poderia-se simplificar usando a seguinte relação: pai(joão,clara). No exemplo acima o relacionador é 'livro', que faz a conexão com os objetos 'huxley', 'aldous' e 'brave new world'. Esta notação é chamada *préfixada*, isto acontece quando o relacionador precede os argumentos (objetos) do fato. O relacionador pode ser *infixado* quando colocado entre os argumentos, e *pós-fixado* quando posicionado no final dos argumentos.

Um programa escrito em Prolog compreende fatos descrevendo um estado das regras e conhecimento (BC), descrevendo como estes "pedaços" de conhecimentos podem ser conectados, podendo permitir inferências e iniciar a dedução de novos conhecimentos. Tem-se visto que a maioria das tarefas secundárias que são feitas em outras linguagens (achar um método de resolução, alocação de memória, etc) são reduzidos no Prolog [BIH87]. Isto ocorre porque o Prolog assume sua entrada de fatos e regras na forma que vai manuseá-los, além disso, ele tem um mecanismo de busca construído.

Este mecanismo chamado "backtracking", é um método de resolução que é guiado pelo alvo ("goal") final à ser buscado, representado pelo fato ou fatos que geram uma solução. Iniciando uma questão que tenta-se validar, o Prolog tenta, no final da análise, unificar cada situação alvo com um fato do database. Se ele falha e não existem mais fatos correspondentes para este alvo, ocorre o "backtrack", em outras palavras, ele retorna para alvos prévios e tenta resolvê-los novamente. A análise é puramente sequencial, o Prolog examina a combinação, as séries de alvos, uma após a outra, da esquerda para a direita usando a regra conhecida *modus ponens*:

- Se proposição A implica proposição B
- e Se proposição A é verdadeira
- Então B é verdadeira.

Além de não precisar construir um MI, o que seria necessário em outras linguagens, o Prolog também tem a facilidade de possuir a recursividade. Uma função recursiva é aquela que refere-se a si própria, ou seja, ela "chama" a si própria.

Pela facilidade de programação (linguagem de quarta geração), por estar mais próxima do usuário, por seus recursos disponíveis, e também por já ter-se trabalhado com a mesma em outros projetos, adotou-se a linguagem Prolog para suporte a construção do sistema ora proposto.

### 3.2 - O Sistema propriamente dito

Pela necessidade de se repassar as informações inerentes ao controle da sarna rapidamente aos produtores, havia a necessidade que o sistema viesse a ser rápido, ou seja, que se pudesse fazer várias consultas ao dia de forma rápida e eficiente.

Após a identificação do problema e a justificativa de se utilizar um sistema para dar suporte aos especialistas na resolução do problema, e definida a metodologia, iniciou-se o processo de



construção seguindo as etapas de construção apresentadas no capítulo anterior.

Na identificação do problema, observou-se que o mesmo era não estruturado. Havia várias alternativas na resolução do problema, requerendo desta forma, decisões cujo encaminhamento se dava de forma difícil.

Optou-se pela elaboração do sistema de forma compartilhada, ou seja, dividindo-o em módulos. Separou-se em, módulo explicativo, módulo coletor de dados e módulo de inferência. Esta metodologia permitirá se fazer manutenções futuras no sistema de forma bastante fácil.

Na aquisição do conhecimento utilizou-se o *método intuitivo* proposto por Waterman [WAT86]. E como já foi descrito anteriormente, o construtor do sistema (EC) interage com o especialista e a literatura sobre o assunto, com a intenção de se familiarizar com o problema e detectar os componentes (variáveis) envolvidos em sua resolução.

Depois de várias entrevistas, definiu-se as variáveis envolvidas no processo e se pode construir um *modelo conceitual* ("expertise") segundo o especialista, que posteriormente foi representado de forma que se pudesse incorporá-lo em um programa de computador. O conhecimento adquirido foi organizado em fatos, regras e tabelas, e posteriormente representado na forma de regras de produção. Neste sistema uma regra pode disparar outra regra, como pode-se ver mais facilmente no exemplo a seguir.

R5: SE *umidade\_foliar do ambiente é X*  
 E *temperatura do ambiente é Y*  
 ENTÃO *verificar tabela VALOR*

R10: SE *estadio\_fenológico do hospedeiro é B-C*  
 E *verificar tabela VALOR=INFECÇÃO MODERADA*  
 ENTÃO *condições do pomar é favorável*

R15: SE *condições do pomar é favorável*  
E *pulverização\_anterior do pomar não\_ocorreu*  
ENTÃO *conclui fazer uma pulverização com ...*

Conforme se pode ver no exemplo anterior, o conhecimento foi representado na forma de regras de produção. Como o prolog utiliza uma sintaxe de cálculo de predicado de primeira ordem, torna-se mais fácil a representação do conhecimento na forma de regras de produção.

A representação neste sistema teve certa semelhança com a representação feita no MYCIN (sistema especialista para diagnosticar infecções bacterianas), ou seja, pela tupla <functor,objeto,atributo,valor,fator de certeza>. Depois de uma análise intensiva dos dados, ficou evidenciada a não necessidade de se utilizar o fator de certeza. As informações eram precisas, e não havia necessidade de tratar dados nebulosos. O "functor" na tupla, destina-se a classificação dos dados para inferência pelo MI.

O sistema construído se apresenta basicamente na forma de menus de opções de barras. São apresentadas janelas para a entrada de dígitos, que são analisados e posteriormente processados. O processo de consulta se inicia pela apresentação do seguinte menu:

```
— Menu Principal —  
CONTROLE DA SARNA  
EDITAR BASE DE CONHECIMENTO  
IR PARA O DOS  
TUTORIAL  
SAIR DO SISTEMA
```

Quando escolhida a opção **CONTROLE DA SARNA**, o sistema carrega a base de conhecimento e se inicia a consulta. Após a conclusão, o sistema faz explanações sobre a conclusão se for

desejado.

Na opção EDITAR BASE DE CONHECIMENTO, são apresentados os arquivos onde se encontram tabelas, fatos e regras da base de conhecimento. Pode-se assessorar a um deles e fazer modificações se necessário, e posteriormente salvar as alterações, inclusões e exclusões.

A opção IR PARA O DOS, tem a finalidade de proporcionar ao usuário sair do sistema temporariamente. O sistema fica carregado na memória do computador, podendo-se usar o sistema operacional ou outro sistema (se houver capacidade de memória). Quando se desejar retornar ao SE, usa-se o comando exit.

O TUTORIAL (anexo Apendice) apresenta uma descrição do sistema especialista, a utilização de cada um dos comandos do menu principal, e onde são apresentados todos os comandos disponíveis no editor do PROLOG, que pode ser usado para editar a base de conhecimento.

Recomenda-se que se leia atentamente o tutorial, antes de utilizar o editor da base de conhecimento. Mesmo antes de se fazer qualquer alteração, deve-se verificar a estrutura de cada arquivo e segui-la no momento de alterações.

A escolha SAIR DO SISTEMA se destina a sair do sistema quando esta for a opção do usuário. É apresentada uma pergunta para que o usuário se certifique de tal escolha.

Neste sistema está incorporado na base de conhecimento vinte e cinco regras. Como já foi mencionado anteriormente, são regras de produção, onde uma regra pode "disparar" outra regra.

A seguir, são dados exemplos de consultas, e é analisado o tempo de cada consulta. É apresentada a sequência de telas que aparecem na consulta.

## EXEMPLO 1

# SISTEMA ESPECIALISTA PARA CONTROLE DA SARNA

Tecla para continuar

JOSE LEOMAR TODESCO

PROTOTIPO-2

Menu Principal  
CONTROLE DA SARNA  
EDITAR BASE DE CONHECIMENTO  
IR PARA O DOS  
TUTORIAL  
SAIR DO SISTEMA

PROTOTIPO-2

CARREGANDO BASE DE CONHECIMENTO

Especialista: Onofre Berton

## Controle da Sarna

Qual o estadio fenologico do hospedeiro ?

1. A ou B
2. C ou E ou frutos C/ mais de 2 cm
3. E a' frutos com 2 cm

## Controle da Sarna

Pergunta

Digite a quantidade de horas de umidade foliar que ocorreu no periodo: <Hs>

Resposta

12

## Controle da Sarna

Pergunta

Digite a temperatura media durante o periodo de umidade foliar: <5 a 25 C> Obs: Fora deste intervalo digite 0

Resposta

14

## Controle da Sarna

Intervalo entre periodos de unidade foliar e' :

1. Ate 4 Hs
2. Entre 4 e 12 Hs
3. ~~Ate 12 Hs~~
4. Nao houve ocorrencia de unidade foliar anterior

## Controle da Sarna

Houve aplicacao de fungicida anteriormente ?

1. ~~Sim~~
2. Nao

## Controle da Sarna

Qual o nome do fungicida ?

1. Captan
2. Orthocide
3. Delan
4. Dithane
5. ~~Omburoi~~
6. Syllit
7. Benlate
8. Tecto 600
9. Cercobin
10. Saproil
11. Rubigan
12. Bayleton
13. Baycor

## Controle da Sarna

Qual o intervalo de aplicacao do fungicida ?

1. Ate 24 Hs
2. Ate 36 Hs
3. Ate 48 Hs
5. Ate 96 Hs
6. Pre-sintoma
7. Pos-sintoma

## Controle da Sarna

Pergunta  
Digite a quantos dias foi feita a  
ultima aplicacao de fungicida: <dias>

Resposta  
8

## Controle da Sarna

## CONCLUSAO 3

Usar qualquer produto (contato ou sistêmico),  
evitando reaplicar um fungicida do grupo dos  
BENZIMIDAZOIS.

Deseja verificar qual regra foi concluida ? <s/n>

Controle da Sarna

A Temperatura media no Ambiente foi de: 14 graus  
A Umidade foliar no Ambiente foi de: 12 horas,  
Conforme Tabela de Mills a infeçao e' do tipo leve

O fungicida 5, Venturoi que foi aplicado 2, Ate 36 Hs do tipo contato  
tem eficiencia de 7 dias, Como foi aplicado a 8 dias esta' Nao Ativo

Neste primeiro exemplo, observou-se que para fazer tal consulta, o usuário necessitou de dois minutos.

EXEMPLO 2

PROTOTIPO-2

Menu Principal

CONTROLE DA SARNA  
EDITAR BASE DE CONHECIMENTO  
IR PARA O DOS  
TUTORIAL  
SAIR DO SISTEMA



## PROTOTIPO-2

CARREGANDO BASE DE CONHECIMENTO

Especialista: Onofre Berton

## Controle da Sarna

Qual o estadio fenologico do hospedeiro ?  
1. A ou B  
2. C a' E ou frutos c/ mais de 2 cm  
3. Frut. frutos com 2 cm

## Controle da Sarna

Pergunta  
Digite a quantidade de horas de unidade  
foliar que ocorreu no periodo: <Hs>

Resposta  
7

## Controle da Sarna

## Pergunta

Digite a temperatura media durante o periodo de umidade foliar: <5 a 25 C> Obs: Fora deste intervalo digite 8

## Resposta

18

## Controle da Sarna

## Intervalo entre periodos de umidade foliar e':

1. Ate 4 Hs
2. Entre 4 e 12 Hs
3. Acima de 12 Hs
4. Nao houve ocorrencia de umidade foliar anterior

## Controle da Sarna

## A umidade relativa do ar no intervalo foi de:

1. Abaixo de 85 %
2. Acima de 85 %

Controle da Sarna

CONCLUSAO 2C

No caso de nao ter ocorrido periodo favoravel a infeccao, considerar o efeito residual do ultimo fungicida aplicado.

Deseja verificar qual regra foi concluida ? <s/n>

Controle da Sarna

regra n:3

SE :

estadio fenologico do hospedeiro e'/foi 3. E a' frutos com 2 cm condicoes do ambiente e'/foi verificada suscetibilidade do fungo e'/foi nao houve

ENTAO : conclusao 2c

.....

Deseja verificar dados ? <s/n>

Já neste exemplo, em decorrência dos dados e informações passadas ao sistema o tempo de consulta foi de um minuto e trinta segundos. Observou-se também, que tempo médio das consultas ficaram entre 1 e 2 minutos.

O SE para auxílio nas recomendações do controle da Sarna da Macieira "roda" em um microcomputador PC-XT ou AT, exigindo no mínimo 256 Kbytes de memória RAM. O sistema ocupa 216 Kb de memória e deve ser usado em um *Sistema Operacional* DOS ou similar numa versão 3.X ou mais recente. O sistema se apresenta em um disquete dupla densidade de tamanho 5 1/4".

Este sistema não foi feito com o intuito de substituir o especialista (protese). Porém, como pode-se observar, com um pouco de treinamento uma outra pessoa (um extensionista, por exemplo) pode facilmente trabalhar com este sistema como usuário, dispensando desta forma a presença do especialista.

### 3.3 - Avaliação dos Resultados

Estudos de técnicas de avaliação de "softwares" e sistemas, tem sido crescentes nos últimos anos [KIM87]. Existem algumas abordagens gerais de avaliação do valor do sistema. Destacam-se entre elas a análise do benefício/custo, abordagem do valor e abordagem de utilidade. Cada abordagem difere da outra em seu processo de avaliação e no tratamento de benefícios qualitativos.

Nesta dissertação, são dadas algumas opiniões quanto a necessidade de utilização deste SE, e é abordado a análise do benefício/custo do sistema ora proposto.

#### 3.3.1 - Avaliação Opinativa

Em conversas com especialistas e pesquisadores do setor agrícola, observou-se que existe um desejo generalizado para a informatização deste setor. Mas, para que tal desejo seja realizado há necessidade de sistemas e "softwares" específicos para o setor. A escassez de equipamentos (microcomputadores) no setor agrícola, já é o primeiro fator limitante. Todavia, as instituições de pesquisa agrícola e de extensão rural tendem a se informatizar rapidamente.

O especialista (usuário) confirmou a performance do sistema avaliando-o positivamente. Conforme o especialista, o sistema atendeu as necessidades previamente fixadas, como, rapidez nas consultas, recomendações específicas por produtor, e facilidade de operação.

### 3.3.2 - Avaliação Econômica

Para a construção do sistema especialista para auxílio na elaboração de recomendações para agricultores no controle da sarna da macieira, teve-se custos operacionais, no que se refere a remuneração do engenheiro de conhecimento. Além disto, deve-se considerar custos com depreciação e manutenção do microcomputador, custos com material de consumo e com viagens e estadias. O total dos custos calculados envolvidos foi da ordem de Cr\$ 429.040,00 (Quatrocentos e vinte e nove mil e quarenta cruzeiros) e estão relacionados abaixo. Considerou-se 344 horas o equivalente a dois meses de trabalho, sendo o que foi gasto para construção do sistema, e teve-se duas horas de manutenção do microcomputador.

#### CUSTOS VARIÁVEIS (POR HORA)

1) OPERACIONAIS (REMUNERAÇÃO) DO EC	= Cr\$ 1.000,00/h
2) DEPRECIAÇÃO (MICRO) = $\frac{\text{CUSTO DO MICRO}}{\text{VIDA ÚTIL}} = \frac{364.000}{10.400}$	= Cr\$ 35,00/h
3) MANUTENÇÃO (MICRO)	= Cr\$ 1.000,00/h

#### CUSTOS FIXOS

4) MATERIAL DE CONSUMO (DISQUETES, ETC)	Cr\$ 6.000,00
5) VIAGENS E ESTADIAS	Cr\$ 65.000,00

$$\begin{aligned}
 \text{CUSTO INVEST} &= \text{SAL/h} \times 344 + \text{DEP/h} \times 344 + \text{MAN/h} \times 2 + \text{CUSTOS FIXOS} \\
 &= 1.000 \times 344 + 35 \times 344 + 1.000 \times 2 + 71.000 \\
 &= 344.000 + 12.040 + 2.000 + 71.000 \\
 &= 429.040,00
 \end{aligned}$$

Observou-se que o especialista quando fazia suas recomendações, mesmo de forma generalizada, sem o auxílio de uma ferramenta, dispndia aproximadamente 448 horas por ano (16 horas por semana durante 7 meses). Com a utilização do Sistema Especialista para Controle da Sarna o tempo foi reduzido para 2,5 horas semanais para as mesmas análises, porém com mais profundidade, pois as consultas foram feitas especificamente por produtor. Assim, teve-se uma redução relativa de 376 horas anuais. As consultas são feitas como já foi mencionado anteriormente, à partir de setembro (período de brotação) até o mês de março (pós colheita).

A redução de 376 horas por ano de trabalho do especialista, dá uma economia estimada de aproximadamente Cr\$ 376.000,00/ano (Trezentos e setenta e seis mil cruzeiros por ano), considerando Cr\$ 1.000,00/h o salário do especialista. Mas, deve-se levar em conta que o especialista para fazer as consultas com sistema necessita de um "micro", o qual será utilizado aproximadamente 72 horas por ano a um custo de Cr\$ 1.035,00/h. A seguir, é calculado o valor do benefício deduzido o valor do custo de utilização do equipamento.

$$\begin{aligned} \text{BENEFÍCIO} &= 376 \text{ h/ano} \times (\text{SAL/h do especialista}) - 72 \text{ h/ano} \times \text{custo} \\ &= (376 \times 1.000,00) - (72 \times 1.035,00) \\ &= 376.000,00 - 74.520,00 \\ &= 301.480,00/\text{ano} \end{aligned}$$

Observou-se também, que o retorno previsto do investimento (custo) se dá em 2 anos, admitindo uma taxa de desconto de 12 % aa. O Cálculo do Valor Presente num horizonte de 10 anos (vida útil estimada do SE) com uma taxa de desconto de 12 % aa foi da ordem de Cr\$ 1.703.362,00. (Um milhão, setecentos e tres mil, trezentos e sessenta e dois cruzeiros por ano), como pode-se ver a seguir.

$$\begin{aligned} \text{VALOR PRESENTE}_{10 \text{ anos}} &= 301.480 \times \left\{ \frac{(1 + 0,12)^{10} - 1}{0,12(1 + 0,12)^{10}} \right\} \\ &= 301.480 \times 5,65 \\ &= 1.703.362,00 \end{aligned}$$

Portanto, a relação benefício/custo foi estimada em aproximadamente 4, conforme se apresenta abaixo.

$$\begin{aligned} \text{RELAÇÃO BENEFÍCIO/CUSTO} &= \frac{1.703.362,00}{429.040,00} \\ \text{B/C} &\cong 4 \end{aligned}$$

Este sistema foi desenvolvido para apoiar o especialista e não substituí-lo. Assim, o benefício envolvido na relação benefício/custo foi somente da redução de tempo de consulta do especialista (usuário).

Além dos benefícios de redução do tempo de consulta, e consultas específicas por produtor, a melhoria da qualidade da informação (menor probabilidade de erros) e a possibilidade de repassar mais rapidamente as recomendações aos produtores, são benefícios qualitativos, que são difíceis de mensurar, mas que devem ser levados em conta.

A análise do benefício/custo está subestimada, pois considera só um usuário para o sistema. O mesmo sistema poderá ser utilizado em outras regiões, com pequenas modificações, respeitando-se as peculiaridades de cada região.

## IV - CONCLUSÕES, SUGESTÕES PARA EXPANSÕES FUTURAS E NOVAS PESQUISAS

O desenvolvimento do sistema especialista de elaboração de recomendações para agricultores para o controle da sarna, utilizando técnicas da IA, permitiu testar um protótipo, no qual foi possível verificar uma amostra significativa do conhecimento envolvido neste problema.

A estruturação do sistema em módulos permitiu uma maior independência na definição dos mesmos, permitindo portanto maior flexibilidade na sua alteração. As regras, fatos e elementos das tabelas podem ser facilmente alterados pela utilização do editor do SE, ao qual está incorporado um tutorial (veja Apêndice) para utilização do mesmo.

A tecnologia da IA (SE) na Agricultura vem demonstrando ser uma ferramenta com alta demanda no futuro próximo, dada a aceitação e direcionamento para resoluções de problemas de domínios específicos. O presente trabalho também deve servir de incentivo para futuras incorporações em outros projetos. Destaca-se, um projeto de sistema para manejo da Macieira.

Recomenda-se que se utilize o Sistema Especialista para controle da Sarna da Macieira, para auxiliar o especialista em seu trabalho. Uma nova metodologia deve ser usada no que diz respeito as consultas por produtor. Seria interessante que, se deixasse um telefone disponível para consultas pelos produtores sempre que se fizer necessário. Os avisos via rádio devem continuar, porém, o aviso é de caráter genérico para certa Região. Mas, cada produtor deve ter a possibilidade de fazer uma consulta quando da ocorrência de um período favorável ao fungo. Considerando que a comunicação não fosse um fator limitante e uma central estivesse adequadamente organizada com a participação dos produtores, o atendimento seria personalizado.

Sugere-se que se faça um sistema de controle automatizado, onde os aparelhos de medição das condições





metereológicos (umidade foliar, temperatura, etc), sejam ligados ao computador e conseqüentemente a um programa. Este programa deverá fazer o controle destas condições metereológicos e então fazer o aviso de um provável período de infecção. Neste caso, para uma consulta, não haveria necessidade de entrada via teclado das variáveis metereológicos.

Embora a literatura não apresente formalmente análises economicas em SE já desenvolvidos, devido principalmente a mensuração dos benefícios qualitativos. O presente trabalho apresentou uma análise do benefício/custo do "software", onde pode-se ter uma idéia do retorno do investimento. O retorno encontrado no caso foi muito alto, sugerindo que a utilização de SE na resolução de problemas semelhantes se apresenta como uma alternativa atraente do ponto de vista econômico.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

- [BAR81] BARR, Avron & Edward A. Feigenbaum.  
*The handbook of Artificial Intelligence.*  
Vol 1 e 2 - Addison-Wesley Publishing Company - 1981.
- [BHA86] BHATNAGAR, Raj K. & Laveen N. Kanal.  
*Handling Uncertain Information. A Review do Numeric on  
Non-numeric Methods. Uncertainty in Artificial  
Intelligence.*  
Elsevier Science Publishers - NY - USA - 1986.
- [BER85] BERWICK, Robert C.  
*The acquisition of Syntatic Knowledge.*  
Library of Congress Cataloging in Publication Data,  
MIT - USA - 1985.
- [BER89] BERTON, Onofre & Reinhard Melzer.  
*Sistema de Alerta para Controle da Sarna da Macieira.*  
Florianópolis -SC - EMPASC S/A - 1989.
- [BIH87] BIHAN, Pattrice.  
*Turbo Prolog: An Introduction to  
Artificial Intelligence.*  
MacGraw-Hill - 1987.
- [BOU87] BOURGINE, R gine.  
*Expérimentation Sociale des "systèmes experts en  
pathologie végétale" de l'INRA.*  
Bulletin Technique D'information. Intelligence  
Artificielle et Syst mes Experts en Agriculture.  
Publication mensulle - Paris - 1987.
- [CAS85] CASAROTTO FILHO, Nelson & Bruno H. Kopittke  
*Análise de Investimentos.*  
Editora da UFSC - Florianópolis - SC - 1985.

- [COH85] COHEN, Paul R. <sup>2</sup>  
*Heuristic reasoning about uncertainty: An Artificial Intelligence Approach.*  
Pitman Advanced Publishing - London - GB - 1985.
- [DAV85] DAVIS, Randall; Bruce Buchanan & Edward Shortliffe.  
*Production Rules as a Representation for a Knowledge-Based Consultation Program.*  
Readings in Knowledge Representation. Morgan Kaufmann Publishers - Inc - California - USA - 1985.
- [DER87]  DERIS, Saffai Bin & Hiroshi Ohta.  
*Construção de um Sistema de Apoio à Decisão Inteligente para Planejamento da Produção Agrícola.*  
Bulletin of University of Osaka Prefecture - Séries A Engineering and Natural Sciences - Vol 36 n.2 - 1987.
- [DOU85] DOUKIDIS, Georgios I. & Ray J. Paul.  
*Research into Systems to aid Simulation Model Formulation.*  
Journal of the Operational Research Society - 36(4) - 319(1985).
- [EMP86] EMPASC S/A.  
*Manual da Cultura da Macieira.*  
Florianópolis SC - EMPASC S/A - 1986.
- [FRE86]  FRESNEDA, P. S. V. -  
*Avaliação do Potencial de Utilização de Sistemas Especialistas Baseados em Microcomputadores no Processo de Transferência de Tecnologia Agropecuária no Brasil.*  
Dissertação de Doutorado - George Washington University Washington DC - EUA - 1986.

- [FRE87] FRESNEDA, P. S. V. & Cajueiro, E. V. M.  
*Discussão Sobre a Utilização de Técnicas de Inteligência Artificial na Pesquisa Agropecuária.*  
Anais do XX Congresso Nacional de Informática - 1987.
- [FIS87] FISCHLER, Martin A. & Oscar Firscheir.  
*Intelligence: The Eye, the Brain, and the Computer.*  
Addison-Wesley - 1987.
- [FUN86] FUNG, Robert M. & Chee Yee Chong.  
*Metaprobability and Dempster-Shafer in Evidential Reasoning.*  
*Uncertainty in Artificial Intelligence.* Elsevier  
Science Publishers - NY - USA - 1986.
- [GEN86] GENARO, Sergio.  
*Sistemas Especialistas: O Conhecimento Artificial.*  
Rio de Janeiro - Livros Técnicos e Científicos S/A -  
1986.
- [GON86] GONÇALVES, Carlos Alberto.  
*Aquisição e Representação de Conhecimento para Sistemas Especialistas.*  
Tese Doutorado na Faculdade de Economia e Administração  
da USP - São Paulo - 1986.
- [HAR85] HARMON, Paul & David King.  
*Expert Systems- Artificial Intelligence in Business.*  
Wiley Press Book - 1985.
- [HAY83] HAYES-ROTH, Frederick; Donald A. Waterman & Douglas B.  
Lenat.  
*Building Expert Systems.*  
Addison-Wesley - 1983.

- [KAS84] KASTNER, J. K. & S. J. Hong.  
*A Review of Expert Systems.*  
 European Journal of Operational Research - 18 -  
 285(1984).
- [KIM87] KIM, Chung Sook.  
*A Formal Structure for the Evaluation of Decision Support System Generators (DSSG): The Systems Approach.*  
 Dissertação de Doutorado - Texas - Tech University - 1987.
- [KOZ89] KOZAI, Touoki & Takehiko Hoshi.  
*Intelligent Information Systems for Production Management in Agriculture an Horticulture.*  
 Journal of the Operational Research Society - 22 -  
 31(1989).
- [KRA87] KRAEMER, James Richard.  
*Administrative Control by Expert Systems: A Framework for Expert Systems in Management.*  
 Dissertação de Doutorado, Norman - Oklahoma - 1987.
- [MUS88] MUSEN, Mark A.  
*An Editor for the Conceptual Models of Interactive Knowledge-Aquisition Tools.*  
 (Based on a paper presented at the 3rd AAAI Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop - Banff - november - 1988) - 1988.
- [NEG85] NEGOITA, Constantin Virgil.  
*Expert Systems and Fuzzy Systems.*  
 The Benjamin/cummings Publishing Co. - Califórnia -  
 USA - 1985.
- [NES85] NESTMAN, C. J. & J. C. Windsor.  
*Decision Support Systems: A Perspective for Industrial Engineers.*  
 IIE Transactions - 17(1) - 38(1985).

- [NIL71] NILSSON, Nils J.  
*Problem-Solving Methods in Artificial Intelligence.*  
McGraw-Hill - 1971.
- [NIL80] NILSSON, Nils J.  
*Principles of Artificial Intelligence.*  
Tioga Publishing Co. - Califórnia - USA - 1980.
- [RAL88] RALPH, Roberts.  
*Turbo Prolog.*  
LTC - Livros Técnicos e Científicos S/A - RJ - 1988.
- [ROD89] RODRIGUES, Solange R. & Maria Carolina Monard.  
*Um Subsistema de um Núcleo de SE para Interrogar o Usuário admitindo diversas Categorias de Perguntas.*  
6<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro em Inteligência Artificial - Rio de Janeiro - Novembro de 1989.
- [SIL90] SILVA, Carlos A. B. da.  
*Sistemas Especialistas para Economistas Rurais: Potencial e Relevância.*  
SOBER - Revista de Economia e Sociologia Rural - 1990.
- [SIQ87] SIQUEIRA, Ethevaldo.  
*A Sociedade Inteligente: A Revolução do Computador, das Comunicações e dos Robos.*  
Editora Bandeirante S/A - São Paulo - 1987.
- [THI87] THIOLON, Catherine.  
*Les syst mes experts en pathologie végétale: le point de vue d'un cognicien.*  
Bulletin Technique D'information. Intelligence Artificielle et Syst mes Experts en Agriculture.  
Publication mensuelle - Paris - 1987.
- [WAT86] WATERMAN, Donald A..  
*A Guide to Expert Systems.*  
Addison-Wesley - 1986.

- [WEI84] WEISS, Sholon M. & Casimir A. Kulikowski.  
*A Proactical Guide to Designing Expert Systems.*  
Rowman & Allanheld Publishers - New Jersey - USA -  
1984.
- [WER85] WERTZ, Harald.  
*LISP: Une Introduction à la Programation.*  
Masson - Paris - 1985.
- [ZAD83] ZADEH, L. A.  
*The Role of Fuzzy Logic in the Management of  
Uncertainty in Expert Systems - Fuzzi Sets and  
Systems.*  
1983.

## APÊNDICE

### \*\*\*\*\* TUTORIAL \*\*\*\*\*

O presente "software" foi elaborado com o intuito de apoiar os especialistas de Controle da Sarna da Macieira. Este sistema se apresenta basicamente na forma de menu (barras). O menu principal tem as seguintes opções:

```

      menu principal
┌
│ J CONTROLE DA SARNA
│   EDITAR BASE DE CONHECIMENTO
│   IR PARA O DOS
│   TUTORIAL
│   SAIR DO SISTEMA
└
  
```

Na opção CONTROLE DA SARNA, será carregada a BASE DE CONHECIMENTO "sarna.dba" e "tabelas.dba". No arquivo "sarna.dba" estão regras e fatos sobre o controle da sarna e no arquivo "tabelas.dba" estão as tabelas de Mills e de Fungicidas. Depois de carregado a base de conhecimento, então se iniciará a consulta onde aparecerão menus de barras e janelas para digitar dados inerentes ao domínio. Após uma regra ter sido concluída, aparecerá a respectiva recomendação e a seguinte mensagem "Deseja verificar qual regra foi concluída?". Em caso afirmativo, aparecerá na tela a regra com suas premissas e sua conclusão, e posteriormente a seguinte mensagem "Deseja verificar dados?", caso positivo aparecerão as explicações com dados de entrada. Finalmente aparecerá a mensagem "Deseja continuar?". Caso afirmativo iniciará nova consulta.

Na opção EDITAR BASE DE CONHECIMENTO, aparecerão os seguintes arquivos: SARNA.DBA

TABELAS.DBA

Na escolha de um dos arquivos, você estará utilizando o editor do PROLOG, com todas as suas vantagens, e utilidades. Se você não deseja verificar os arquivos digite <ESC> que você retornará ao MENU PRINCIPAL. Caso você escolha um dos arquivos, você deverá ter o cuidado para não modificar a estrutura dos dados (conhecimento).



## MOVIMENTOS COM O CURSOR

Mover cursor um caracter a direita	seta direita	ou	Ctrl-D
Mover cursor um caracter a esquerda	seta esquerda	ou	Ctrl-S
Mover cursor uma linha a cima	seta cima	ou	Ctrl-E
Mover cursor uma linha a baixo	seta baixo	ou	Ctrl-X
Limpar a linha superior			Ctrl-W
Limpar a linha inferior			Ctrl-Z
Mover cursor uma palavra a dir	Ctrl-seta dir	ou	Ctrl-F
Mover cursor uma palavra a esq	Ctrl-seta esq	ou	Ctrl-A
Mover cursor final da linha	END	ou	Ctrl-Q D
Mover cursor inicio da linha	HOME	ou	Ctrl-Q S
Mover cursor para o topo da janela			Ctrl-HOME
Mover cursor para o final da janela			Ctrl-END
Mover cursor uma tela para cima	PgUp	ou	Ctrl-R
Mover cursor uma tela para baixo	PgDn	ou	Ctrl-C
Mover cursor para o topo do texto	Ctrl-PgUp	ou	Ctrl-Q R
Mover cursor para o final do texto	Ctrl-PgDn	ou	Ctrl-Q C

## DELETAR TEXTOS

Deletar caracter do cursor	Del	ou	Ctrl-G
Deletar caracter a esq do cursor	Backspace	ou	Ctrl-H
Deletar palavra do cursor			Ctrl-T
Deletar linha do cursor			Ctrl-Y
Deletar a esq do cursor ate o inicio da linha			Ctrl-Q T
Deletar a dir do cursor ate o final da linha			Ctrl-Q Y

## MANIPULANDO BLOCOS DE TEXTOS

Marcar inicio do bloco			Ctrl-K B
Marcar final do bloco			Ctrl-K K
Copiar (inserir) bloco marcado	Ctrl-F5	ou	Ctrl-K C
Mover (inserir) bloco copiado			Ctrl-K V
Deletar bloco copiado			Ctrl-K Y
Retorna bloco deletado	Ctrl-F7	ou	Ctrl-K U
Escreve bloco marcado para arquivo no disco			Ctrl-K W
Escreve bloco marcado para impressora			Ctrl-K P

## FUNÇÕES DO EDITOR

Arquivo Help	F1
Salvar arquivo	F2
Ler Arquivo	F3
Zoom na janela de edição	F5
Copia arquivo de um editor auxiliar (Xcopy)	F7
Invoca um editor auxiliar (Xedit)	F8

Na opção IR PARA O DOS o usuário tem a possibilidade de ir para o sistema operacional (DOS) e voltar ao menu principal pelo comando EXIT.

Na opção SAIR DO SISTEMA aparecerá na tela a seguinte pergunta: "Deseja sair <S ou N> ?". Dependendo da resposta você sairá do sistema. E a opção TUTORIAL é esta onde você se encontra !

Tecla <ESC> para sair do tutorial.