



UNIPAC

Universidade Presidente Antônio Carlos

Faculdade de Ciência da Computação e Comunicação Social

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Álison Campos

SISTEMA ESPECIALISTA PARA A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE FUNCIONAMENTO EM AUTOMÓVEIS

BARBACENA
DEZEMBRO, 2004

ÁLISON CAMPOS

Sistema Especialista para a Resolução de Problemas de Funcionamento em Automóveis

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Ciência da Computação, como requisito
parcial para obtenção do grau de bacharel em
ciência da Computação.

Orientadora: Prof. Lorena Sophia Campos de Oliveira

BARBACENA
Dezembro, 2004
ÁLISSON CAMPOS

Sistema Especialista para a Resolução de Problemas de Funcionamento em Automóveis

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado à obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciência da Computação da Universidade Presidente Antônio Carlos.

Aprovada em _____/_____/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Lorena Sophia Campos de Oliveira (Orientadora)
Universidade Presidente Antônio Carlos

Prof. Ms Eliseu César Miguel (Membro Examinador)
Universidade Presidente Antônio Carlos

Prof. Eduardo Macedo Bhering (Membro Examinador)
Universidade Presidente Antônio Carlos

*Agradeço aos meus pais pela força e compreensão que foram fundamentais para a realização deste trabalho.
Ao Ednardo, Henrique, Sérgio e a todos os companheiros de classe pelos momentos vividos durante os quatro anos de convivência.
A todos os professores da UNIPAC pela ajuda e conhecimento passados.*

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Conhecimento Humano x Conhecimento Artificial	4
Tabela 5.1: Variáveis, Tipos e Valores	40
Tabela 5.2: Variáveis e Perguntas	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Estrutura de um Sistema Especialista	7
Figura 3.1: Tela Principal do Shell Expert Sinta	20
Figura 3.2: Arquitetura do Sistema Especialista.....	21
Figura 3.3: Estrutura de uma Cauda	22
Figura 3.4: Estrutura de uma Cabeça	22
Figura 3.5: Tela de Criação de Variáveis e Valores	24
Figura 3.6: Tela para Definição de Variáveis Objetivo	25
Figura 3.7: Tela Nova Regra	26
Figura 3.8: Tela para Construção de Regras	26
Figura 3.9: Interface	27
Figura 3.10: Informações sobre a Base	28
Figura 3.11: Tela de Abertura	29
Figura 3.12: Associação de arquivos de ajuda	30
Figura 3.13: Tabela de Resultados	32
Figura 3.14: Depurador	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	SISTEMAS ESPECIALISTAS	3
2.1	INTRODUÇÃO	3
2.2	ESTRUTURA DE UM SISTEMA ESPECIALISTA	5
2.3	CLASSIFICAÇÃO	8
2.4	PROCESSO DE APRENDIZAGEM	10
2.5	NÍVEIS DE CONHECIMENTO	12
2.5.1	Regras de conhecimento.....	12
2.6	RESPOSTA DE UM SISTEMA ESPECIALISTA	13
2.7	SISTEMAS CONVENCIONAIS X SISTEMAS ESPECIALISTAS	14
2.8	SISTEMA ESPECIALISTA IDEAL	15
2.9	BENEFÍCIOS E PROBLEMAS ENFRENTADOS PELOS SISTEMAS ESPECIALISTAS	17
2.10	SHELLS	18
3	EXPERT SINTA	19
3.1	O SHELL	19
3.2	CRIANDO A BASE DE CONHECIMENTO	23
3.2.1	Criando Variáveis	23
3.2.2	Definindo os objetivos	24
3.2.3	Criação de Regras	25
3.2.4	Definição de Interface com o Usuário	27
3.2.5	Informações Adicionais	28
3.2.6	Opções Adicionais	30
3.2.7	Resultados	31
3.2.8	Depuração	32

4	ÁREA DE APLICAÇÃO	34
4.1	DEFEITOS	36
4.1.1	Como Solucionar	37
5	DESENVOLVIMENTO	39
5.1	BASE DE CONHECIMENTO	39
6	CONCLUSÃO	44
7	BIBLIOGRAFIAS	45
	ANEXO I – REGRAS DA BASE DE CONHECIMENTO	46

1 – INTRODUÇÃO

Sistemas Especialistas são sistemas baseados em regras que produzem o conhecimento de um especialista, e a partir delas são capazes de emitir alguma decisão. Certos sistemas especialistas são capazes de aprender com as decisões, melhorando assim seu desempenho e a qualidade das decisões tomadas.

A área de mecânica de automóveis se encaixa no contexto de um sistema especialista, pois, com o surgimento das novas tecnologias (injeção eletrônica) para os automóveis as tecnologias mais antigas ficaram esquecidas e este sistema tem por finalidade não só ajudar no diagnóstico dos problemas relacionados ao funcionamento destes veículos (os de tecnologia mais antiga), mas também ensinar alguns passos que se deve seguir para que se possa resolver um determinado defeito já que vários defeitos podem ter os mesmos sintomas.

Com base nestes estudos surgiu o interesse de se desenvolver um projeto que pudesse auxiliar, não só os novos mecânicos mas também os mais experientes, a resolver os problemas de uma forma mais rápida e prática, problemas estes relacionados com os veículos de tecnologias mais antigas (platinado e ignição eletrônica), já que para se chegar nos defeitos dos novos automóveis com injeção eletrônica basta passar um rastreador no veículo e este indica o possível defeito pois ele compara o funcionamento de cada item com as informações armazenadas na central de comando, central que armazena todas as informações referentes ao funcionamento do veículo.

O objetivo deste projeto é o estudo da estrutura e das características de um sistema especialista, o estudo de uma ferramenta para a construção de sistemas especialistas e o desenvolvimento de um protótipo de Sistema Especialista baseado em regras que se destinará ao auxílio na resolução de problemas de funcionamento em automóveis.

A organização do documento esta organizada da seguinte forma: capítulo 2 apresenta toda a estrutura e as características de um Sistema Especialista, o

capítulo 3 apresenta a Shell Expert Sinta que é a ferramenta utilizada para o desenvolvimento, o capítulo 4 mostra alguns dados sobre a área de aplicação, no capítulo 5 aparece o desenvolvimento e no capítulo 6 a conclusão.

2 – SISTEMAS ESPECIALISTAS

2.1 - INTRODUÇÃO

Sistema Especialista é uma aplicação da Inteligência Artificial que é capaz de adquirir e disponibilizar o conhecimento de um especialista, solucionando problemas que são resolvíveis apenas por pessoas especialistas que acumularam conhecimento exigido na resolução destes problemas.

Um Sistema Especialista é aquele projetado e desenvolvido para atender a uma aplicação determinada e limitada do conhecimento humano. É capaz de emitir uma decisão apoiada em conhecimento justificado, a partir de uma base de informações, da mesma forma que um especialista de determinada área do conhecimento humano.

Para tomar uma decisão sobre um determinado assunto, baseado nos fatos que encontra, um sistema especialista formula suas hipóteses. Durante o processo de raciocínio, ele verifica qual a importância dos fatos que encontra, comparando-os com as informações já adquiridas sobre esses fatos e hipóteses. Neste processo, vai formulando novas hipóteses e verificando novos fatos; e esses novos fatos vão influenciar no processo de raciocínio. Este raciocínio é sempre baseado no conhecimento prévio acumulado.

Um sistema especialista com esse processo de raciocínio pode não chegar a uma decisão se os fatos de que dispõe para aplicar o seu conhecimento prévio não forem suficientes. Pode, inclusive, chegar a uma conclusão errada. Porém, este erro é justificado em função dos fatos que encontrou e do seu conhecimento acumulado previamente.

Um Sistema Especialista deve, além de inferir conclusões, ter capacidade de aprender e, desse modo, melhorar o seu desempenho de raciocínio e a qualidade de suas decisões.

De um modo geral, sempre que um problema não pode ser algoritmizado, ou sua solução conduz a um processamento muito demorado, os Sistemas Especialistas podem ser uma saída, pois possuem o seu mecanismo apoiado em processos heurísticos. Além disso, pode ser uma boa maneira de preservar e transmitir o conhecimento de um especialista humano em uma determinada área.

Vale ainda lembrar que um Sistema Especialista não é influenciado por elementos externos a ele, como ocorre com o especialista humano. Dessa forma, para as mesmas condições, deverá fornecer sempre o mesmo conjunto de decisões.

Embora Sistemas Especialistas e peritos reais possam em alguns casos desempenhar tarefas idênticas, as características de ambos são criticamente diversas. Mesmo havendo algumas vantagens evidentes dos Sistemas Especialistas eles não poderão substituir os peritos em todas as situações, devido a algumas limitações inerentes. A tabela de **Conhecimento humano x conhecimento artificial**:

CONHECIMENTO HUMANO	CONHECIMENTO ARTIFICIAL
Percível	Permanente
Difícil de transferir	Fácil de transferir
Difícil de documentar	Fácil de documentar
Imprevisível	Consistente
Caro	Razoável
Discriminatório	Imparcial
Social	Individualizado
Criativo	Sem inspiração
Adaptável	Inflexível

Enfoque amplo	Enfoque restrito
Baseado em senso comum	Técnico

Tabela 2.1: Conhecimento humano x Conhecimento artificial (MANCHINI,2004)

Segundo Manchini (2004), para entender quais são as características comuns aos Sistemas Especialista, basta examinar o que estes fazem:

1. resolve problemas muito complexos tão bem quanto ou melhor que especialistas humanos;
2. raciocinam heurísticamente, usando o que os peritos consideram efetivamente regras práticas;
3. interagem com usuários humanos utilizando inclusive linguagem natural;
4. manipulam e raciocinam sobre descrições simbólicas;
5. funcionam com dados errados e regras incertas de julgamento;
6. contemplam hipóteses múltiplas simultaneamente;
7. explicam porque estão fazendo determinadas pergunta;
8. justificam suas conclusões.

2.2 - ESTRUTURA DE UM SISTEMA ESPECIALISTA

Para solucionar problemas os Sistemas Especialistas precisam acessar uma grande base de conhecimento do domínio da aplicação. Portanto, o sucesso de um

Sistema Especialista depende enormemente da forma de como o conhecimento é representado e dos mecanismos para a exploração deste conhecimento.

Um Sistema Especialista é basicamente formado por três componentes:

- **Base de conhecimento**

É um elemento permanente, mas específico de um sistema especialista. É onde estão armazenadas as informações, ou seja, os fatos e as regras necessárias para resolver problemas específicos. Estas informações deverão ser atualizadas pelo especialista humano de acordo com as necessidades (MANCHINI,2004).

- **Quadro-Negro**

A comunicação das informações entre os sistemas especialistas é feita por um mecanismo chamado *quadro-negro*. O quadro-negro é um local dentro da memória do computador no qual as informações armazenadas em um sistema especialista são "afixadas" para que qualquer outro sistema especialista possa acessá-las, caso precise delas para alcançar seus objetivos. O quadro-negro é uma estrutura que contém informações que podem ser examinadas por sistemas especialistas cooperativos. O que esses sistemas fazem com essas informações depende da aplicação (MANCHINI,2004).

- **Mecanismo de Inferência**

Mecanismo de inferência ou motor de inferência é um elemento permanente, que pode ser reutilizado por vários sistemas especialistas. É a parte responsável pela busca das regras da base de conhecimento para serem avaliadas, direcionando o processo de inferência. O conhecimento deve estar preparado para uma boa interpretação e os objetos devem estar em uma determinada ordem representados por uma árvore de contexto (CHAIBEN,2004)

O motor de inferência, de certo modo, tenta imitar o pensamento que os especialistas humanos empregam quando resolvem um problema, ou seja, ele pode começar com uma conclusão e procurar uma evidência que a prove, ou pode iniciar com uma evidência para chegar a uma determinada conclusão. Nos Sistemas Especialistas esse tipo de pensamento está dentro da classe de raciocínio via Regras de Encadeamento e são chamadas de *backward chaining* e *forward chaining*, respectivamente (CHAIBEN,2004).

- **Forward chaining** – chamado também de encadeamento para frente, ou raciocínio progressivo – é utilizado para se chegar a uma conclusão, as informações são fornecidas ao sistema pelo usuário, e o motor de inferência busca na base de conhecimento fatos e heurísticas que melhor se aplicam a cada situação. Essa interação com o usuário continua até que a solução do problema seja encontrada (CHAIBEN,2004).
- **Backward chaining** – também chamado de encadeamento para trás ou raciocínio regressivo – o trabalho do motor de inferência ocorre de forma inversa, ou seja, o sistema já parte de uma conclusão, podendo esta ser sugerida pelo próprio usuário, e inicia uma pesquisa nas informações da base de conhecimentos com o objetivo de saber se a conclusão é a mais adequada solução do problema proposto ao sistema (CHAIBEN,2004) (modelo de encadeamento utilizado no sistema).

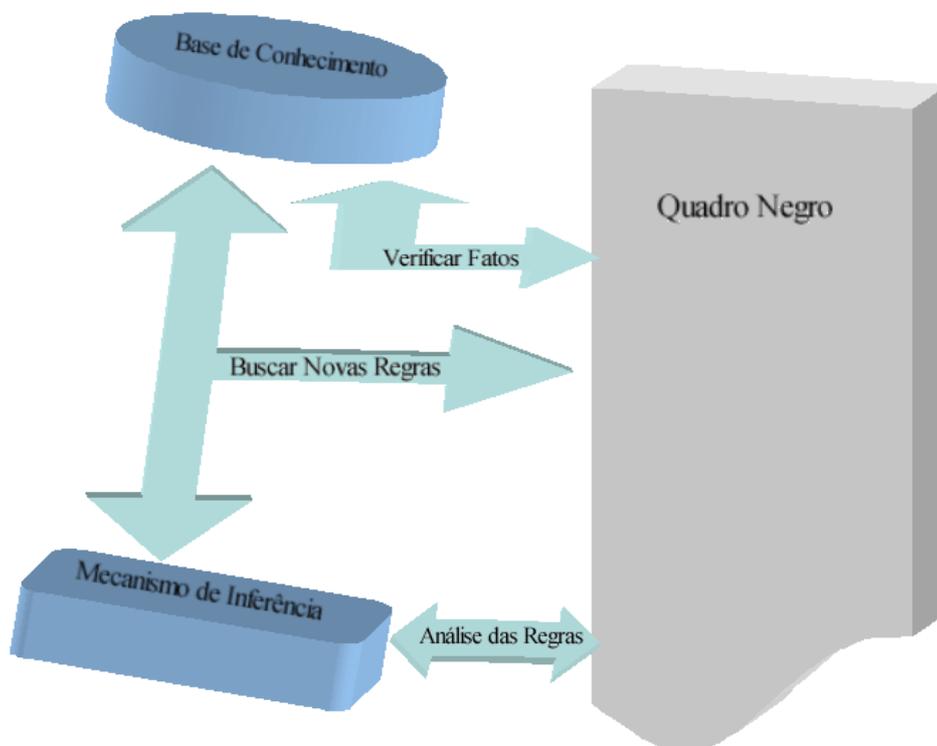


Figura 2.1: Estrutura de um sistema especialista (MANCHINI,2004)

Além destes três componentes muitos autores utilizam-se também da interface com o usuário, que segundo Mendes(2004) é o que necessita mais tempo para projeção e implementação, para que a comunicação entre o Sistema Especialista e o usuário seja fácil.

2.3 - CLASSIFICAÇÃO

Os Sistemas Especialistas podem ser classificados quanto às características do seu funcionamento. De um modo geral, tais categorias são (MANCHINI,2004):

1. **Interpretação** - São sistemas que inferem descrições de situações a partir da observação de fatos, fazendo uma análise de dados e procurando determinar as relações e seus significados. Devem considerar as possíveis interpretações, descartando as que se mostrarem inconsistentes.
2. **Diagnósticos** - São sistemas que detectam falhas oriundas da interpretação de dados. A análise dessas falhas pode conduzir a uma conclusão diferente da simples interpretação de dados. Detectam os problemas mascarados por falhas dos equipamentos e falhas do próprio diagnóstico, que este não detectou por ter falhado. Estes sistemas já têm embutidos o sistema de interpretação de dados.
3. **Monitoramento** - Interpreta as observações de sinais sobre o comportamento monitorado. Tem de verificar continuamente um determinado comportamento em limites pré-estabelecidos, sinalizando quando forem requeridas intervenções para o sucesso da execução. Um sinal poderá ser interpretado de maneiras diferentes, de acordo com a situação global percebida naquele momento, e a interpretação varia de acordo com os fatos que o sistema percebe a cada momento.
4. **Predição**- A partir de uma modelagem de dados do passado e do presente, este sistema permite uma determinada previsão do futuro. Como

ele baseia sua solução na análise do comportamento dos dados recebidos no passado, deve ter mecanismos para verificar os vários futuros possíveis, a partir da análise do comportamento desses dados, fazendo uso de raciocínios hipotéticos e verificando a tendência de acordo com a variação dos dados de entrada.

5. **Planejamento** - Neste caso, o sistema prepara um programa de iniciativas a serem tomadas para se atingir um determinado objetivo. São estabelecidas etapas e sub-etapas e, em caso de etapas conflitantes, são definidas as prioridades. Possui características parecidas com o sistema para a predição e normalmente opera em grandes problemas de solução complexa. O princípio de funcionamento, em alguns casos, é por tentativas de soluções, cabendo a análise mais profunda ao especialista que trabalha com esse sistema. Enfoca os aspectos mais importantes e particiona de maneira coerente um problema em sub-problemas menos complexos, estabelecendo sempre o relacionamento entre as metas destes subproblemas e a meta principal.
6. **Projeto** - Este sistema tem características parecidas com as do planejamento, e devem-se confeccionar especificações tais que sejam atendidos os objetivos dos requisitos particulares. É um sistema capaz de justificar a alternativa tomada para o projeto final, e de fazer uso dessa justificativa para alternativas futuras.
7. **Depuração** - Trata-se de sistemas que possuem mecanismos para fornecerem soluções para o mau funcionamento provocado por distorções de dados. Provê, de maneira automática, verificações nas diversas partes, incluindo mecanismos para ir validando cada etapa necessária em um processo qualquer.
8. **Reparo** - Este sistema desenvolve e executa planos para administrar os reparos verificados na etapa de diagnóstico. Um sistema especialista para reparos segue um plano para administrar alguma solução encontrada em uma etapa do diagnóstico.

9. **Instrução** - O sistema de instrução tem um mecanismo para verificar e corrigir o comportamento do aprendiz dos estudantes. Normalmente, incorporam como subsistemas um sistema de diagnóstico e de reparo, e tomam por base uma descrição hipotética do conhecimento do aluno. Seu funcionamento consiste em ir interagindo com o treinando, em alguns casos apresentando uma pequena explicação e, a partir daí, ir sugerindo situações para serem analisadas pelo treinando.
10. **Controle** - É um sistema que governa o comportamento geral de outros sistemas (não apenas de computação). É o mais completo, de um modo geral, pois deve interpretar os fatos de uma situação atual, verificando os dados passados e fazendo uma previsão do futuro. Apresenta os diagnósticos de possíveis problemas, formulando um plano ótimo para sua correção. Este plano de correção é executado e monitorado para que o objetivo seja alcançado.

2.4 – PROCESSO DE APRENDIZAGEM

A aprendizagem de um Sistema Especialista comum se dá de diversas formas (MANCHINI,2004):

- Análise estatística de dados (heurística);
- Tentativa e erro (experiências);
- Leituras, palestras, etc;
- Troca de experiências com outras pessoas.

Fundamentalmente, verifica-se que o aprendiz vem do processo de experiência, e de seus resultados experimentais.

A capacidade de aprender, no ser humano, é o resultado de um conjunto de habilidades: capacidade de generalizar, de induzir, de fazer analogias e de receber instrução.

Os Sistemas Especialistas devem ser capazes de aprender e fazer crescer o seu conhecimento básico sobre o assunto. Esta capacidade de aprender recebe o nome técnico de protopeiria. O usual é existir um engenheiro de conhecimento que prepara o conhecimento para ser armazenado de forma apropriada, fornecendo as explicações necessárias dos conceitos utilizados. O ideal é que o conhecimento possa ser adquirido diretamente pelo Sistema Especialista.

Uma das formas de aprendizagem dos Sistemas Especialistas é através de textos. Um programa captura palavras chaves em um parágrafo do texto, podendo formatá-lo para um formato especial de armazenamento, para representação desse conhecimento (implementação mais eficiente e confiável com Processador de Linguagem Natural).

O aprendizado também pode ser feito a partir de conclusões sobre a massa de informações mantidas pelo Sistema Especialista. Ele mantém um banco de casos resolvidos, isto é, a cada conclusão guarda os fatos que pesaram sobre a decisão e a própria decisão, após ter esta sido criticada por um especialista da área. O aprendizado é feito por comparação de dados por um módulo do Sistema Especialista que coloca a nova regra na Base de conhecimento, à medida que a massa de dados cresce, obedecendo ao formato adequado.

Outra forma de aprendizado se dá pela interação direta com o especialista. Como em uma relação professor-aluno, o computador absorve o conhecimento através de uma interface adequada (editor inteligente).

Fundamentalmente, verifica-se que o aprendizado vem do processo de experiência, e de seus resultados experimentais.

Dependendo da forma como o novo conhecimento é adquirido, pode haver erros de aquisição. Estes erros podem resultar da própria natureza do conhecimento, como dados obtidos através de sensores sujeitos a ruídos, ou podem ser gerados pela interface humana que existe entre o mundo real e o sistema de representação (BITTENCOURT, 2004).

2.5 – NÍVEIS DE CONHECIMENTO

Existem três níveis de conhecimento que podem ser utilizados nos sistemas baseados em conhecimento: o conhecimento da decisão, o conhecimento de suporte e o metaconhecimento (KELLER, 1991):

- Conhecimento de decisão: são regras usadas pelos especialistas para chegar a uma decisão. Este é o único nível que pode ser especificado num Shell de Sistema Especialista.
- Conhecimento de suporte: è um nível de conhecimento onde se encontram as razões por que algo deve ser feito. Na maioria dos Sistemas Especialistas, os profissionais envolvidos no desenvolvimento, optam por incluir esse tipo de conhecimento e existem sistemas que as decisões não podem ser tomadas sem ele.
- Metaconhecimento: este nível de conhecimento afeta a maneira como o motor de inferência usa as regras de decisão ao invés de afetar as decisões.

2.5.1 - REGRAS DE CONHECIMENTO

As regras para representar o conhecimento têm o seguinte formato (KELLER, 1991):

SE alguma coisa é verdadeira

ENTÃO alguma outra coisa é verdadeira

Já as regras formuladas para os sistemas tradicionais possuem o mesmo formato, mas com funções diferentes (KELLER, 1991):

SE a transação de entrada é Incluir Registro

ENTÃO execute o processo Incluir-Registro

Entretanto, a grande diferença entre as regras **SE-ENTÃO** usadas nos sistemas tradicionais e as regras **SE-ENTÃO** usadas nos sistemas baseados no conhecimento é a certeza e o dinamismo nos sistemas tradicionais.

Nos programas tradicionais, quando escrevemos regras **SE-ENTÃO**, estamos certos de que, se as condições (SE) forem verdadeiras, então as conclusões (ENTÃO) também serão.

Já as regras de Sistemas baseados no conhecimento tendem a diferir, pois não sabemos se tanto as premissas quanto as condições são verdadeiras.

Em geral, os sistemas baseados no conhecimento possuem centenas de heurísticas e o motor de inferência utiliza essas heurísticas para tomar decisões complexas e fazer planejamento (KELLER, 1991).

2.6 – RESPOSTA DE UM SISTEMA ESPECIALISTA

Um sistema especialista emite resposta utilizando três modos de técnicas diferentes:

- **Primeiro modo:** o sistema determina um universo onde a resposta poderá ser encontrada. Por exemplo, imagine uma empresa que esteja interessada em pesquisa petróleo. Pelas características geológicas gerais dos continentes, um sistema especialista pode determinar, de maneira geral, onde o petróleo poderá ser encontrado, sem afirmar de maneira precisa em que regiões se encontrarão o petróleo. A primeira informação serve apenas para identificar, de maneira ampla, onde se poderá

encontrar a resposta, isto é, não adianta procurar a resposta fora deste universo.

- **Segundo modo:** o sistema é mais preciso e determina um resultado final, isto é, enfoca um valor ou um pequeno número de respostas no conjunto de valores possíveis.
- **Terceiro modo:** o sistema não emite resultado nenhum, apenas interage com o profissional que o está usando. O funcionamento é como em um diálogo de dois profissionais, obrigando o primeiro a ir refletindo sobre determinadas conseqüências que, serão produtos de sua determinada decisão.

2.7 – SISTEMAS CONVENCIONAIS X SISTEMAS ESPECIALISTAS

Um sistema convencional está baseado em um algoritmo que, passo a passo, após um tempo aceitável, conduz a uma resposta. Um sistema especialista está baseado em uma busca heurística e trabalha com problemas para os quais não existe uma solução convencional algoritmizada disponível ou, se existe, ela é demasiadamente demorada para fornecer uma resposta.

Um processo heurístico normalmente conduz a soluções de maneira rápida, porém, pode inclusive não conduzir a solução alguma.

Assim, podemos afirmar sobre um sistema especialista:

- Pode chegar ou não a solução do problema
- Pode chegar a uma solução distorcida, isto é, pode errar. Porém, o seu erro ocorre dentro de determinadas circunstâncias que são justificadas pelo próprio sistema
- Processa conhecimento e não dados. O conhecimento é armazenado em uma base de conhecimento e os dados são ajustados contra ela. O

processamento é feito em cima desse conhecimento e não existe processamento de dados.

2.8 – SISTEMA ESPECIALISTA IDEAL

Um Sistema Especialista Ideal é composto dos seguintes elementos (MANCHINI,2004):

- **Rascunho ou Quadro-Negro**

É a área de trabalho do sistema, é nela que o sistema, por meio de escrever e de apagar, tira conclusões até chegar a um resultado final. Divide-se, logicamente em três áreas:

- **Planejamento:** onde são colocadas as regras que serão avaliadas e que foram extraídas da base de conhecimento;
- **Agenda:** onde são colocadas as regras em determinada ordem para serem avaliadas;
- **Solução:** onde ficará gravada a solução durante o processo de inferência, e onde ficarão as estruturas de controle necessárias à inferência.

- **Base de Conhecimento**

Onde estão ordenados e armazenados fatos e regras de maneira adequada à utilização, por parte do mecanismo de inferência, e pelo justificador. É aqui que tratamos com o problema da Representação do Conhecimento.

- **Processador de Linguagem Natural**

Este módulo tem por objetivo tornar transparente toda a complexidade do sistema para o usuário através de uma interface de linguagem natural. O processador de linguagem natural é um sistema especialista.

- **Justificador de Conhecimento**

O justificador de conhecimento interage com o usuário esclarecendo-o de como o sistema chegou à determinada conclusão, ou por que está fazendo determinada pergunta.

- **Seqüenciador**

O seqüenciador é capaz de escolher as regras que serão selecionadas a partir de fatos e hipóteses existentes, bem como determinar a ordem em que essas regras serão avaliadas.

- **Interpretador**

Faz a avaliação das regras, dependendo das hipóteses e fatos existentes, o que cria novos fatos e hipóteses que também solucionarão novas regras até se chegar a uma conclusão final.

- **Reforçador da Consistência**

Procede a uma verificação final na solução, observando se esta solução está consistente com as outras regras existentes na base de conhecimento, ou se já existe algum caso similar resolvido, e cataloga novos e suas conclusões.

2.9 – BENEFÍCIOS E PROBLEMAS ENFRENTADOS PELOS SISTEMAS ESPECIALISTAS

Benefícios

- Velocidade na determinação dos problemas;
- A decisão está fundamentada em uma base de conhecimento;
- Segurança;
- Exige pequeno número de pessoas para interagir com o sistema;
- Estabilidade;
- Dependência decrescente de pessoal específico;
- Flexibilidade;
- Integração de ferramentas;
- Evita interpretação humana de regras operacionais.

Problemas

- **Fragilidade** - Como os Sistemas Especialistas somente têm acesso a conhecimentos altamente específicos do seu domínio não possuem conhecimentos mais genéricos quando a necessidade surge.
- **Falta metaconhecimento** - Geralmente Sistemas Especialistas não possuem conhecimentos sofisticados sobre sua própria operação, portanto não conseguem raciocinar sobre seu próprio escopo e restrições. A aquisição do conhecimento continua sendo um dos maiores obstáculos à aplicação de tecnologia dos Sistemas Especialistas a novos domínios.
- **Validação** - É difícil medir o desempenho de um Sistema Especialista, pois não sabemos quantificar o uso de seu conhecimento.

2.10 – SHELLS

Inicialmente, cada sistema especialista era criado a partir do nada, em geral em LISP. Mas, depois de vários sistemas terem sido desenvolvidos, ficou claro que esses sistemas tinham muito em comum. Em particular, devido ao fato de os sistemas serem construídos como um conjunto de regras combinadas com um interpretador dessas representações, era possível separar o interpretador do conhecimento específico do domínio da aplicação, e criar um sistema que podia ser usado para elaborar novos sistemas especialistas através da adição de novos conhecimentos, correspondentes ao novo domínio do problema. Os interpretadores resultantes são chamados de shells.

Os primeiros shells de sistemas especialistas ofereciam mecanismos para a representação do conhecimento, raciocínio e explicações, sendo, mais tarde, embutidos em programas aplicativos maiores, que usam basicamente técnicas de programação convencional. Então, uma das características importantes que um shell precisa ter é uma interface entre o sistema especialista, escrita com o Shell e que seja fácil de usar, e um ambiente de programação maior e provavelmente mais convencional (MANCHINI, 2004).

A Shell utilizada será a Expert SINTA, que é uma ferramenta para criação de sistemas especialista em geral e que foi desenvolvida pelo Laboratório de Inteligência Artificial (LIA) da Universidade Federal do Ceará.

3 - EXPERT SINTA

3.1 – O SHELL

O Expert SINTA é uma ferramenta computacional que utiliza técnicas de Inteligência Artificial para geração automática de sistemas especialistas. Esta ferramenta utiliza um modelo de representação do conhecimento baseado em regras de produção e probabilidades, tendo como objetivo principal simplificar o trabalho de implementação de sistemas especialistas através do uso de uma máquina de inferência compartilhada, da construção automática de telas e menus, do tratamento probabilístico das regras de produção e da utilização de explicações sensíveis ao contexto da base de conhecimento modelada.

Entre outras características presentes no Expert Sinta, podemos destacar:

- Utilização de encadeamento para trás (*backward chaining*);
- Utilização de fatores de confiança;
- Ferramentas de depuração;
- Possibilidade de incluir ajudas on-line para cada base.

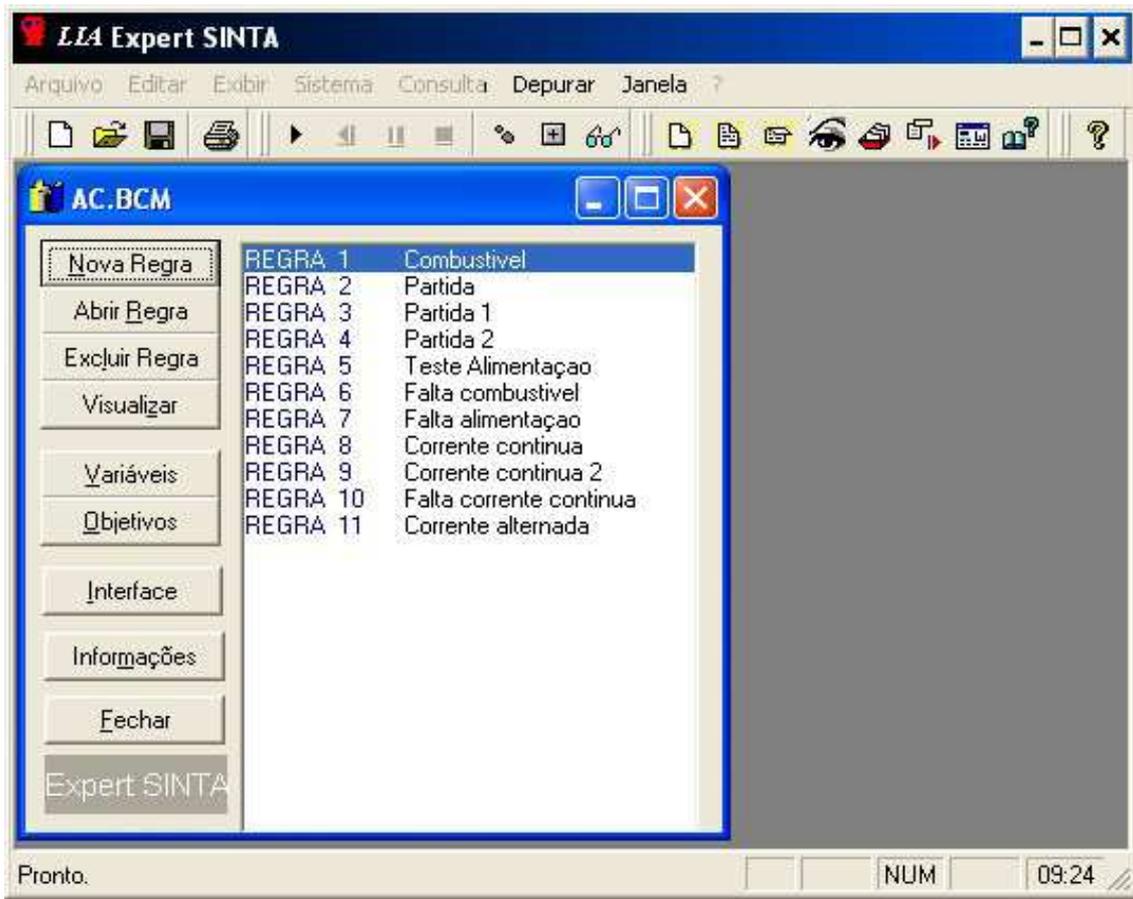


Figura 3.1: Tela principal do Shell Expert Sinta

A janela principal do Expert Sinta possui uma barra de ferramentas que tem todas as opções para a edição de novas bases de conhecimento e também uma janela chamada “*knowledg-in-a-box*” que possui uma lista com todas as regras presentes até o momento além das mesmas opções para edição de bases presentes na barra de ferramentas (SINTA,1996).

Os sistemas especialistas gerados no Expert SINTA seguem a seguinte arquitetura (SINTA,1996) :

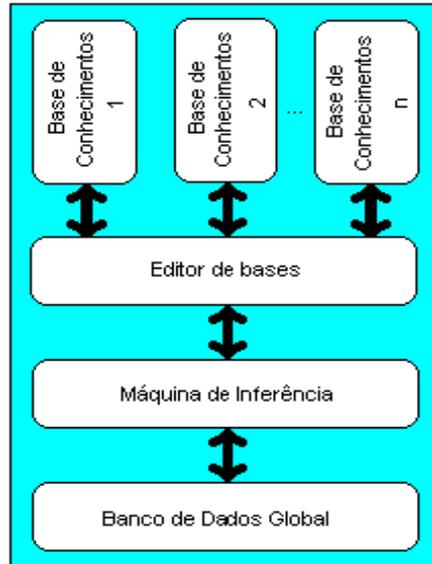


Figura 3.2: Arquitetura de um sistema especialista

onde:

- **Base de Conhecimento:** representa as informações (fatos ou regras) que um especialista utiliza;
- **Editor de Bases:** Meio pelo qual o Shell permite a implementação das bases de conhecimento desejadas;
- **Máquina de Inferência:** onde o Sistema Especialista irá deduzir sobre as bases de conhecimento;
- **Banco de Dados Global:** evidências que o usuário aponta para o Sistema Especialista durante uma consulta.

A arquitetura das bases de conhecimento geradas pelo Expert SINTA é baseada em regras de produção e probabilidade. Estas regras nada mais são do que um conjunto de condições somente no estilo SE ... ENTÃO ..., permitindo ainda a inclusão de conectivos lógicos (E, OU e NÃO), para relacionar as condições de uma regra, e também a inclusão de graus de confiança que determinam o quanto uma conclusão pode ser verdadeira. Este grau de confiança é definido pelo desenvolvedor do Sistema Especialista (SINTA, 1996).

O encadeamento da máquina de inferência no Expert SINTA é dado para trás (*backward chaining*), pois ele se destaca em problemas nos quais há um número muito grande de conclusões que podem ser atingidas, mas o número de meios pelos quais ela pode ser alcançada não é muito grande (SINTA, 1996).

Exemplo de uma regra:

```

REGRA 4
SE
    COMBUSTIVEL = SIM
E
    BATERIA = SIM
E
    MOTOR PARTIDA = SIM
ENTÃO
    POSSIVEIS DEFEITOS = FALTA DE CORRENTE ALTERNADA CNF 70%
    POSSIVEIS DEFEITOS = FALTA DE CORRENTE CONTINUA CNF 70%
    POSSIVEIS DEFEITOS = FALTA DE ALIMENTAÇÃO CNF 70%
  
```

Todas as regras são formadas por cauda (premissa) e cabeça (conclusão). O conjunto de todas as caudas de uma regra são chamadas de antecedentes, enquanto que o conjunto de cabeças é chamado de conseqüentes (SINTA,1996).

A estrutura de cada cauda possui o seguinte modelo (SINTA,1996):

<conectivo>	<atributo>	<operador>	<valor>
-------------	------------	------------	---------

Figura 3.3: Estrutura de uma cauda

Onde:

- **Conectivo:** Um dos seguintes elementos da lógica: NÃO, E, OU. Têm como função unir a sentença ao conjunto de premissas;
- **Atributo:** é uma variável capaz de assumir um ou múltiplos valores no decorrer da consulta à base de conhecimento;
- **Operador:** é um elo de ligação entre o atributo e o valor. São operadores relacionais: =, >, <, =>, <=, <>;
- **Valor:** é um item de uma lista que foi previamente criada e relacionada a um atributo.

A estrutura de cada cabeça possui o seguinte modelo (SINTA,1996):

<atributo>	=	<valor>	<grau de confiança>
------------	---	---------	---------------------

Figura 3.4: Estrutura de uma cabeça

onde:

- **Atributo:** é uma variável capaz de assumir uma ou múltiplas instanciações no decorrer da consulta;

- “=” : é um operador de atribuição, pois, o atributo, nas cabeças das regras, é sempre instanciado a um valor;
- **Valor:** é um item de uma lista previamente criada e relacionada a um atributo;
- **Grau de Confiança:** é uma percentagem indicando a confiabilidade de cada conclusão.

3.2 – CRIANDO UMA BASE DE CONHECIMENTO

3.2.1 – CRIANDO VARIÁVEIS

Antes da criação das regras é preciso primeiro definir as variáveis utilizadas e seus respectivos valores.

As variáveis definidas no Expert SINTA podem ser de três tipos (SINTA, 1996):

- Variável Univalorada: a variável é tida como univalorada quando ela pode assumir apenas um valor;
- Variável Multivalorada: a variável é tida como multivalorada quando ela pode assumir mais de um valor;
- Variável Numérica: este tipo não pode ter um valor pré-definido. Com isso sua lista de valores deve atuar como uma lista de intervalos, onde o valor associado à variável deve estar entre o intervalo definido. Os intervalos devem ser incluídos de maneira idêntica aos valores, mas obedecendo a certas regras:

1. **a;b** significa que a variável pode assumir valores entre **a e b**;

2. **;** significa que a variável pode assumir um valor maior ou igual a **b**;
3. **a**; significa que a variável pode assumir um valor menor ou igual a **a**;

As variáveis numéricas são sempre tratadas como variáveis univalorada.



Figura 3.5: Tela de criação de variáveis e valores.

3.2.2 – DEFININDO OS OBJETIVOS

O objetivo de uma consulta a um Sistema Especialista é encontrar a resposta para um determinado problema. Antes da execução do problema pela primeira vez é necessário que criemos as **Variáveis Objetivo** pois serão elas que irão controlar o comportamento da máquina de inferência (SINTA,1996).

Se uma consulta é iniciada sem ter nenhum objetivo pré-definido o seu sistema irá rodar normalmente, mas ao seu término nenhuma resposta será obtida.

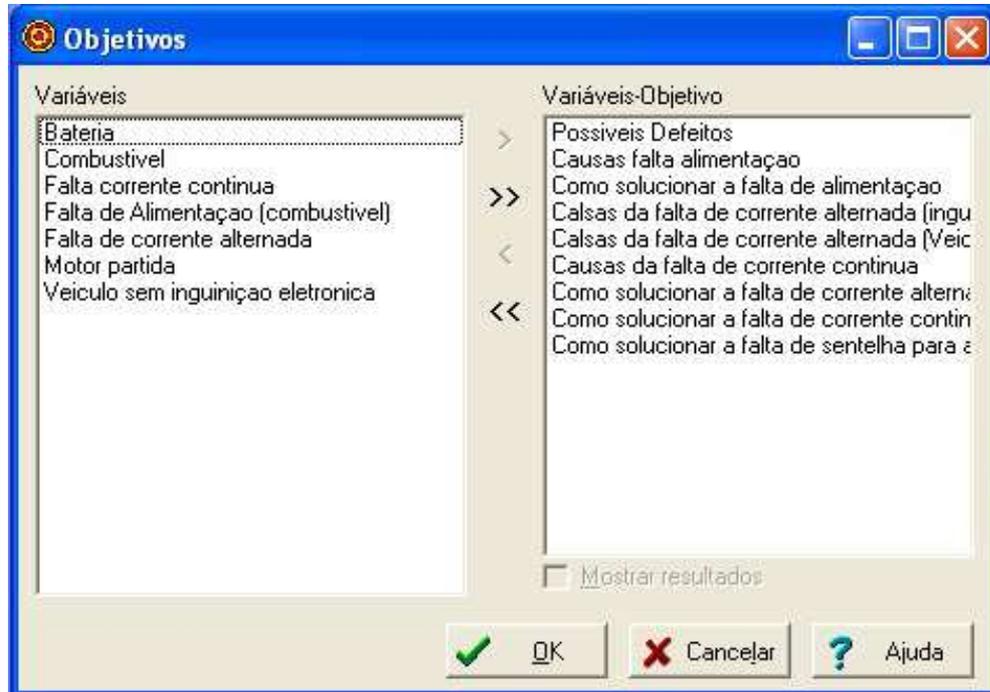


Figura 3.6: Tela para definição de variáveis objetivo

3.2.3 – CRIAÇÃO DE REGRAS

O Expert SINTA utiliza-se de regras de produção para modelar o conhecimento humano, o que torna a ferramenta ideal para a resolução de problemas nos quais o resultado deve ser atingido a partir de um conjunto de seleções (SINTA,1996).

Para a criação de uma nova regra o criador deve clicar no ícone Nova Regra do Menu de opções, ou no botão Nova Regra da KIB (“*knowledge-in-a-box*”). Ao clicar no botão aparecerá um caixa de diálogo que contém as informações: posição da regra, pois a ordem das regras influenciará nas soluções; e se a regra deve seguir algum modelo de regra já existente (SINTA,1996).



Figura 3.7: Tela Nova Regra

Após a Tela Nova Regra abrirá uma nova tela, a de Construção de Regras. É nesta tela que o desenvolvedor poderá definir as premissas (caudas) e as conclusões (cabeças). Como uma regra pode ter mais de uma premissa utiliza-se para associá-las os conectivos lógicos **E** ou **OU**. As regras podem também ter mais de uma conclusão, mas ao contrário das premissas elas não usam os conectivos lógicos mas sim o operador de atribuição “=” (SINTA,1996).

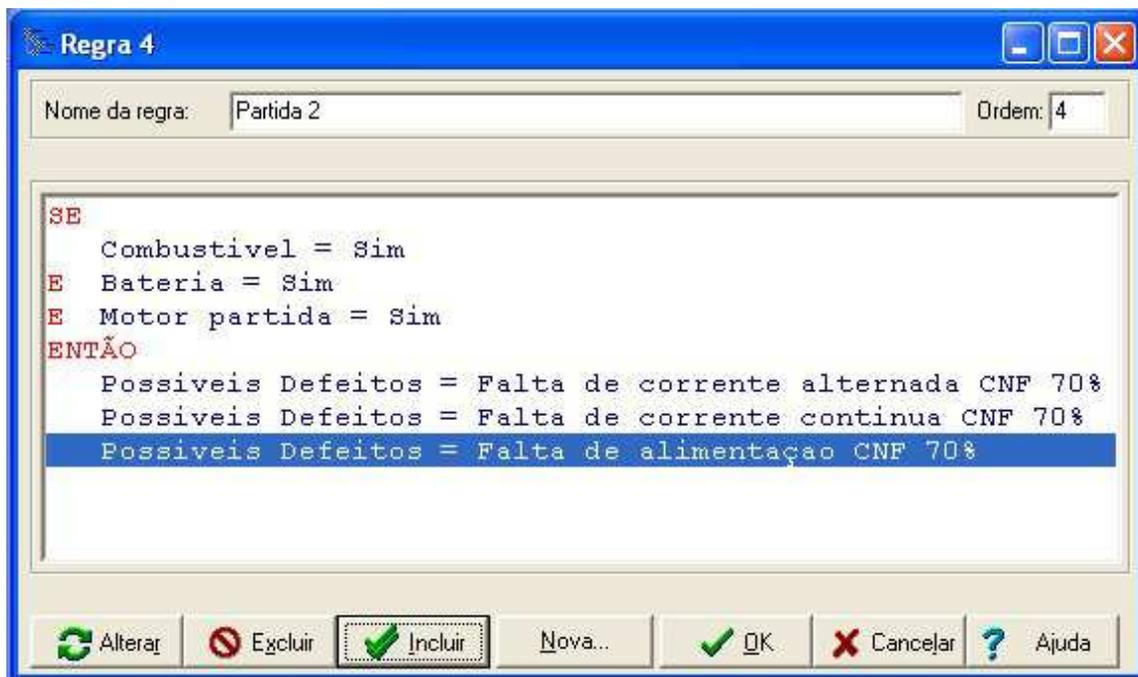


Figura 3.8: Tela para Construção de Regras

3.2.4 – DEFINIÇÃO DE INTERFACE COM O USUÁRIO

A comunicação dos Sistemas Especialista, produzido no Shell Expert SINTA, com o usuário é dada através de menus de múltipla escolha. Estes menus são implementados automaticamente pela Shell, mas para isso o desenvolvedor deve fornecer alguns detalhes como (Sinta,1996):

- As variáveis que vão conter as perguntas;
- As próprias perguntas. Obs.: Estas perguntas devem ser formuladas de uma forma clara e de fácil entendimento para o usuário;
- Decidir se uma pergunta vai ou não possuir um grau de confiança;
- Explicações sobre a pergunta (ajuda).

Se por algum motivo não for definida uma pergunta a uma variável que necessite de uma, o próprio sistema irá gerar uma. Esta pergunta gerada terá a seguinte estrutura: “Qual o valor de x?”, onde x será o nome da variável (SINTA,1996).

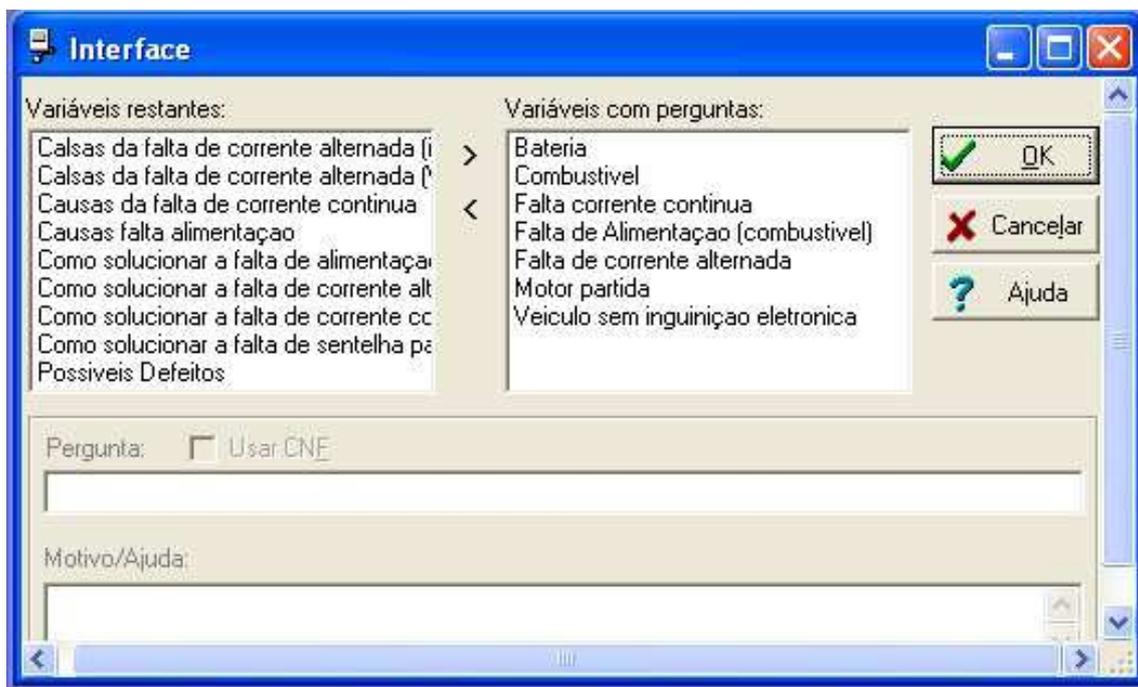


Figura 3.9: Interface

É através da janela mostrada na figura 3.9 que o desenvolvedor poderá definir a interface com o usuário. Se o desenvolvedor optar por colocar especificações sobre a pergunta, ou seja, o motivo ou até mesmo a importância da pergunta para a consulta, quando o usuário estiver consultando o sistema estará disponível na janela da pergunta um botão “Por quê”, e ao pressioná-lo irá abrir uma nova janela com o texto explicativo criado pelo desenvolvedor (SINTA,1996).

3.2.5 – INFORMAÇÕES ADICIONAIS

O desenvolvedor pode através da janela Informações Sobre a Base acrescentar definições esclarecedoras sobre a base, indicar o(s) autor (es) e definição de contextos de ajuda que podem ser vitais para o aproveitamento do sistema especialista (SINTA,1996).

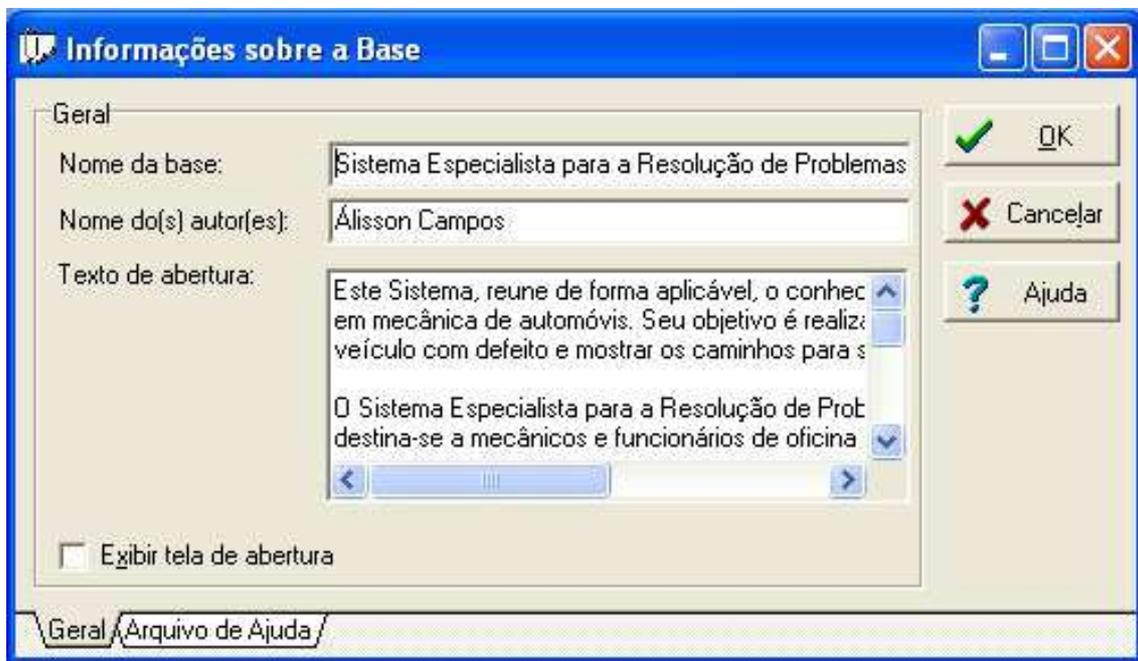


Figura 3.10: Informações sobre a Base

Ao se iniciar uma consulta abrirá automaticamente na tela uma janela “Abertura”, onde constará toda a especificação feita pelo desenvolvedor sobre sua base.

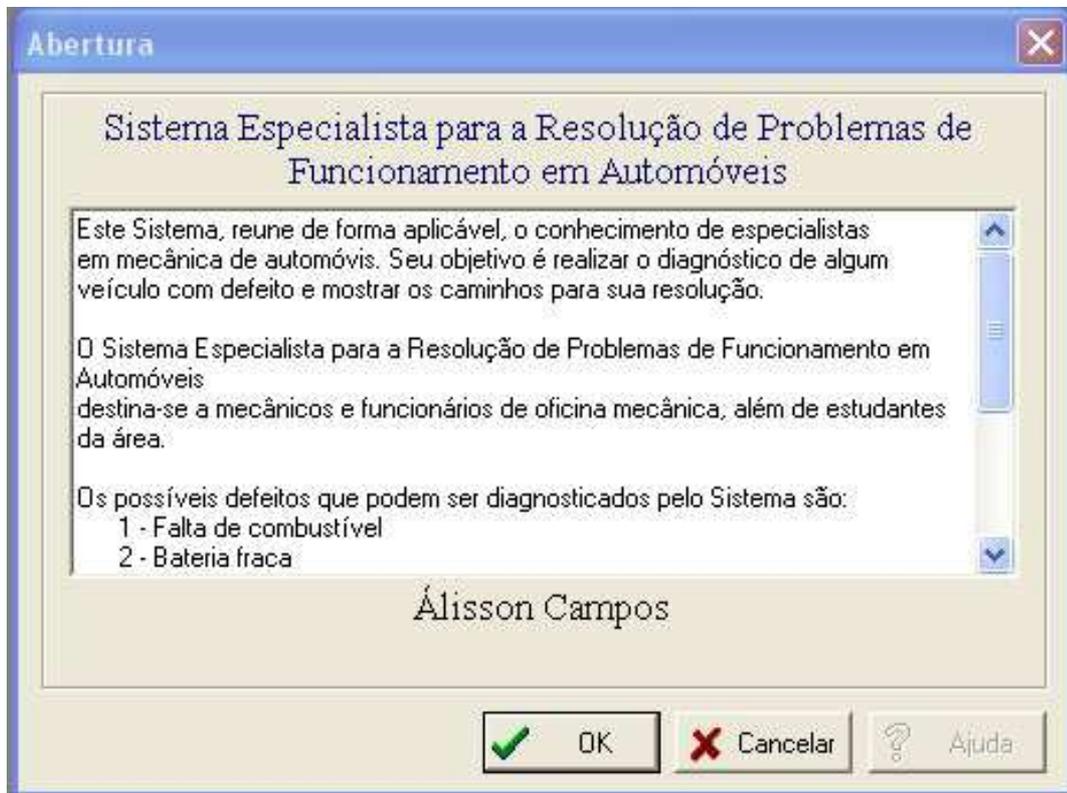


Figura 3.11: Tela de Abertura

O Expert SINTA permite aos desenvolvedores a inclusão de tópicos de ajuda, no formato *Microsoft Windows Help*, para os valores possíveis de determinados atributos. A idéia principal destes textos explicativos é ir diretamente ao tópico explicativo de uma resposta, quando o sistema atinge um determinado objetivo, garantindo assim um melhor aproveitamento da base com informações esclarecedoras (SINTA,1996).

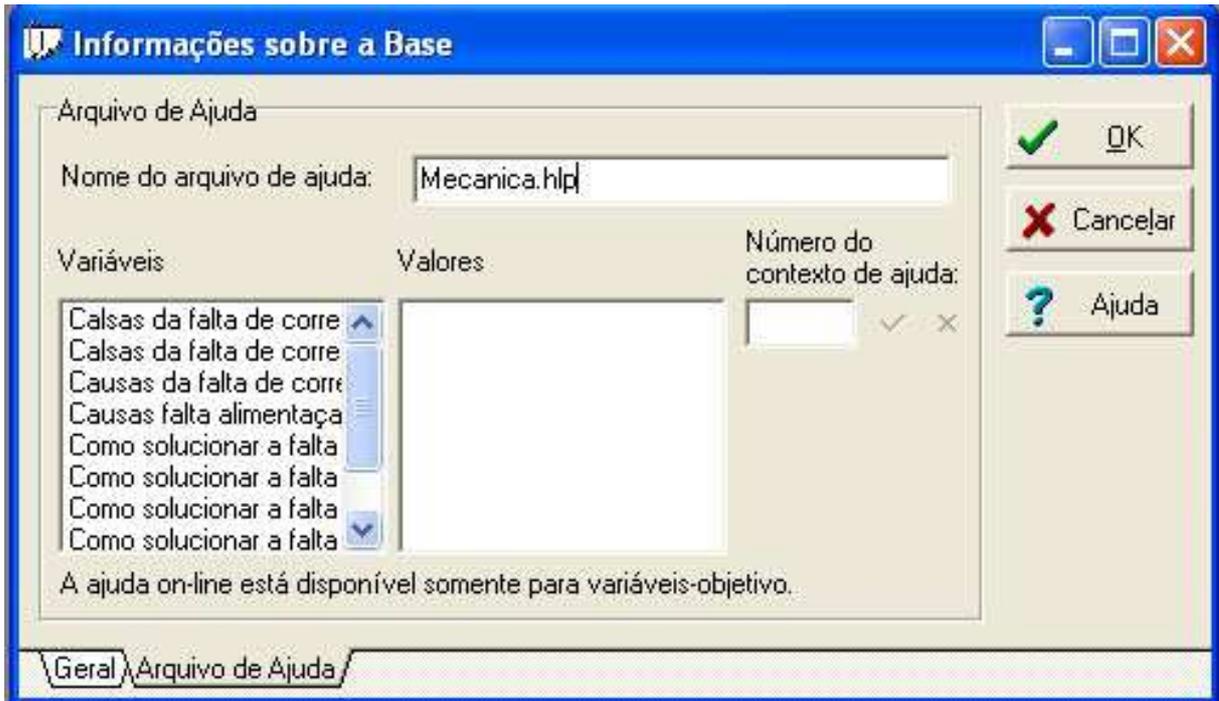


Figura 3.12: Associação de arquivos de ajuda

3.2.6 – OPÇÕES ADICIONAIS

O Expert Sinta oferece três opções de configuração para permitir uma maior flexibilidade na construção de um sistema especialista. As opções são (SINTA,1996):

- **Máquina de Inferência:** permite pequenas modificações no comportamento da máquina de inferência, como o modo pelo qual as premissas são avaliadas;
- **Fatores de Confiança:** permite definir o valor mínimo de um fator de confiança, pois após a avaliação de todas as premissas o sistema pode aceitá-las ou rejeitá-las, comparando o valor atingido com o valor pré-estipulado;

- **Senha:** permite adicionar ao sistema algumas proteções, são elas:
 - **Permitir execução e visualização:** O usuário não tem permissões para modificar a base, pode somente consultá-la e imprimi-la;
 - **Permitir somente execução:** um usuário sem senha pode apenas executar o sistema, mas não pode modificá-lo e nem visualizá-lo;
 - **Nenhuma permissão:** somente usuários com senha podem utilizar o sistema.

3.2.7 – RESULTADOS

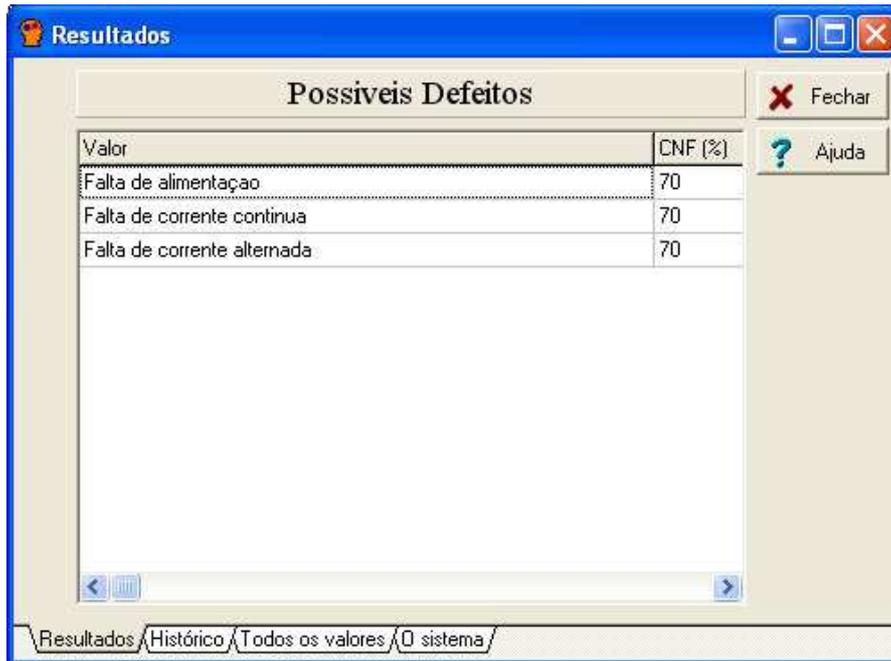
Sempre que uma consulta chega ao fim, uma nova janela se abre. Esta janela se apresenta em forma de tabela contendo duas colunas. A primeira coluna apresenta os possíveis resultados obtidos através da pesquisa, ordenados segundo os valores de confiança de forma decrescente. Já a segunda coluna apresentará os valores de confiança de cada resultado obtido, variando de 0 a 100%.

Na parte inferior desta janela, além do resultado da consulta, aparecerão também alguns itens relacionados à consulta, como o “Histórico”, “Todos os valores”, além de “O Sistema” (SINTA,1996).

No guia “Histórico” é possível visualizar todos os passos seguidos para a obtenção do(s) resultado(s) (SINTA,1996).

Ao clicar no guia “Todos os valores” será possível visualizar todos os valores atribuídos às variáveis presentes na base de conhecimento durante a consulta (SINTA,1996).

Já quando se clica no guia “O Sistema” mostrar-se-ão todas as regras da base de conhecimento (SINTA,1996).



Valor	CNF (%)
Falta de alimentação	70
Falta de corrente contínua	70
Falta de corrente alternada	70

Figura 3.13: Tabela de resultados

3.2.8 – DEPURAÇÃO

Ao iniciar a consulta no modo de acompanhamento, uma nova janela estará sempre aberta, a janela de depuração, nela o depurador exibe todas as regras da base de conhecimento e à medida que a máquina de inferência vai analisando as sentenças, a que estiver em destaque é a sentença que está sendo analisada no momento.

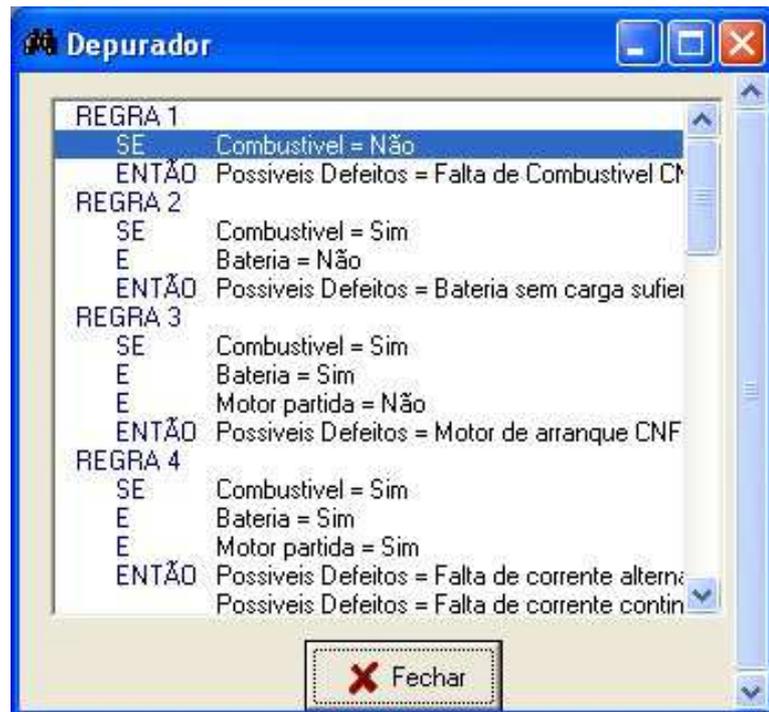


Figura 3.14: Depurador

4 – ÁREA DE APLICAÇÃO

Na área de mecânica os defeitos apresentados pelos carros nem sempre apresentam os mesmos sintomas, pois um mesmo defeito pode ser causado por mais de um equipamento. Com isso fica muito difícil um mecânico tomar uma decisão precisa, sem fazer os testes necessários para a constatação de um determinado defeito.

Para a execução destes testes um especialista deve primeiro ficar ciente das prováveis causas que acarretaram no defeito. Para a obtenção destas causas o veículo deve ser examinado pelo próprio mecânico ou por uma pessoa que entenda do assunto, pois se uma pessoa leiga na área fornecer informações erradas o diagnóstico ficará impreciso, podendo até nem passar perto da solução do problema.

Estes testes são testes básicos e simples para pessoas que entendem um pouco da área, como por exemplo:

- Verificar se o veículo possui combustível suficiente para que dada a partida ele possa entrar em funcionamento;
- Verificar se a bateria possui uma carga capaz de movimentar o motor de partida;
- Verificar se há centelha nos cabos de vela depois de dada a partida.

Depois de realizados estes testes, o especialista confere os resultados obtidos anteriormente para que novos, agora mais específicos, possam ser realizados para que o problema seja solucionado.

Teoricamente, o processo de tomada de decisão passa pelas seguintes etapas:

- Estabelecimento das estratégias e/ou ações possíveis;
- Realização dos testes necessários;
- A escolha da solução mais apropriada.

Devido ao fato das informações iniciais serem, geralmente imperfeitas, subjetivas ou não específicas, um mecânico deve sempre passar por estas etapas para se chegar a uma conclusão, pois isso o levará a tomar uma decisão mais precisa e objetiva possível.

Com a informática é possível tornar a tomada de decisão, relacionada à mecânica, mais fácil e com uma melhor qualidade do diagnóstico. Mas construir um Sistema Especialista de apoio à tomada de decisão exige uma atitude introspectiva para formalizar os problemas e as soluções consideradas.

O principal exemplo de como a informática influencia e muito a tomada de decisão de um especialista da área de mecânica está nos veículos com injeção eletrônica, pois todo o seu funcionamento é comandado de forma eletrônica. As informações ficam armazenadas numa central de comando que controla todo o veículo desde o seu funcionamento até as funções mais básicas.

Como todo o seu controle trabalha em cima de sensores, ficou muito difícil testar os defeitos, mas acompanhando a evolução dos veículos as ferramentas para diagnóstico também evoluíram. Estas ferramentas agem como rastreadores; elas possuem as informações iniciais de todo o veículo e após a varredura se algum componente estiver fora das especificações iniciais do veículo o aparelho lhe aponta o provável defeito.

4.1 – DEFEITOS

Os principais problemas que impedem um veículo de entrar em funcionamento são principalmente elétricos ou com relação à parte de alimentação (combustível).

Os defeitos estão classificados em vários campos diferentes, como:

- Bateria : Isto ocorre quando a bateria do veículo, por algum motivo, está sem carga ou com carga insuficiente para girar o motor de partida;
- Motor de partida: Quando ao for acionada a partida nada acontece, ou seja, nem o motor de partida e nem o motor do veículo giram;
- Falta de alimentação (combustível): Ocorre quando não chega combustível ao sistema de carburação do veículo;
- Falta de corrente contínua: Quando alguma coisa impede a passagem de corrente pelo chicote elétrico do veículo;
- Falta de corrente alternada: Ocorre quando não chega centelha nas velas de ignição, ou seja, impede a passagem de corrente contínua pelo sistema de distribuição.

Estes defeitos são decorrentes, na maioria das vezes, por um desgaste excessivo, de um ou mais, dos componentes primordiais para um bom funcionamento. Estes componentes podem ser: bomba de combustível, bateria, motor de partida, bobina, caixa de distribuição e chicote de distribuição (em veículos com ignição eletrônica), platinado e condensador (em veículos com distribuidor mecânico), rotor, cabos de vela e velas.

4.1.1 – COMO SOLUCIONAR

Como em automóveis quase todas as peças utilizadas na sua constituição não podem ser recuperadas, principalmente as relacionadas com parte elétrica, os testes para a detecção de um defeito devem ser feitos através da substituição das prováveis peças por outras novas ou em bom estado de funcionamento.

Cada um dos defeitos apresentados anteriormente tem uma seqüência a ser seguida para se poder chegar a uma determinada solução. Os passos são:

- Bateria:
 - Verificar se as luzes de indicação do painel acendem quando a chave é ligada;
 - Verificar se ao ser dada a partida as luzes de indicação do painel se apagam ou ficam fracas;
 - Com cabos apropriados fazer um enxerto na bateria do veículo, ou seja, ligar uma outra bateria junto à do veículo.
- Motor de partida:
 - Verificar se quando for dada a partida o motor de partida gira normalmente;
 - Se o motor de partida não girar, tente ligado direto;
- Falta de alimentação (combustível):
 - Verificar se o veículo possui combustível suficiente;
 - Verificar se chega combustível no filtro de combustível;
 - Verificar se o filtro de combustível está entupido;
 - Verificar se a bomba de combustível está enviando combustível com a pressão certa;
 - Verificar se o sistema de carburação está recebendo combustível;
- Falta de corrente contínua:
 - Testar se tem corrente no comutador de ignição;
 - Verificar se possui corrente no terminal positivo da bobina;
- Falta de corrente alternada (ignição eletrônica):
 - Verificar o funcionamento da bobina (alta tensão);
 - Testar as saídas e as entradas da caixa de ignição;

- Testar o chicote de fil que sai da caixa de ignição;
- Verificar o funcionamento do distribuidor;
- Testar os cabos de velas;
- Conferir o desgaste das velas (carbonizada, molhada de óleo ou com o eletrodo desgastado);
- Falta de corrente alternada (sem ignição eletrônica):
 - Verificar o funcionamento da bobina (baixa tensão);
 - Testar o condensador;
 - Conferir o desgaste e a abertura do platinado;
 - Verificar as condições de desgaste da tampa do distribuidor (trincas, desgaste dos pólos e do carvão central);
 - Testar os cabos de velas;
 - Conferir o desgaste das velas (carbonizada, molhada de óleo ou com o eletrodo desgastado);

5 – DESENVOLVIMENTO

Para a criação de um sistema Especialista completo é necessária a colaboração de vários especialistas na área, para a obtenção de informações completas e precisas que vão ajudar a compor a base de conhecimento do sistema.

O sistema desenvolvido neste projeto tem como finalidade auxiliar no diagnóstico de defeitos no funcionamento dos automóveis. O usuário do sistema deve responder à série de perguntas que o programa irá lhe fazer. Estas respostas devem ser precisas, pois a entrada de um dado errado pode comprometer o resultado final da consulta.

Após o término da consulta o sistema irá indicar os passos que devem ser realizados para a possível solução do problema. Possível, pois nem mesmo um especialista humano pode fornecer um diagnóstico preciso o que pensar de uma máquina que apenas segue os passos pré-definidos pelo desenvolvedor do sistema.

5.1 – BASE DE CONHECIMENTO

A Base de conhecimento utilizada neste projeto foi implementada no Shell Expert SINTA versão 1.1. Já as informações utilizadas foram obtidas através de pessoas especialistas e entendidas na área, além de estudos em jornais e apostilas da área.

Como os defeitos apresentados pelos automóveis vêm a ser muito complexos, a base de conhecimento utilizada não está tão completa como deveria, mas está apta a indicar os prováveis defeitos assim como os passos para a sua resolução.

A base de conhecimento possui as seguintes variáveis, com seus respectivos tipos e valores:

VARIÁVEIS	TIPOS	VALORES
Bateria	univalorada	SIM / NÃO
Causas da falta de alimentação	multivalorada	Falta de combustível; Canos entupidos; Bomba com defeito; Filtro de combustível entupido; Bóia e estilete com defeito.
Causas da falta de corrente alternada (ignição eletrônica)	multivalorada	Bobina; Caixa de ignição; Bobina do distribuidor (interna); Chicote interrompido. Rotor Tampa distribuidor Cabo de velas Jogo de velas
Causas da falta de corrente alternada (platinado e condensador)	multivalorada	Platinado; Condensador; Rotor; Tampa do distribuidor; Cabo de velas; Jogo de velas. Bobina
Causas da falta de corrente contínua	multivalorada	Comutador de ignição; Fil interrompido no chicote; Fusível queimado.
Combustível	univalorada	SIM / NÃO
Como solucionar a falta de alimentação	multivalorada	Coloque combustível suficiente para funcionar o Veículo; 1º Verificar se chega combustível através dos canos e mangueiras até o filtro de combustível; 2º Caso não chegue combustível até o filtro certifique-se de que os canos e mangueiras não estão furadas ou entupidos; 3º Se chegar combustível até o filtro verifique se o combustível passa por dentro do mesmo; 4º Caso não passe combustível pelo filtro,

substitua-o;

5º Se estiver passando combustível pelo filtro, veja se a bomba está mandando

VARIÁVEIS	TIPOS	VALORES
		<p>combustível até a entrada do sistema de carburação;</p> <p>6º Se a bomba não estiver enviando combustível, ou enviando com pouca pressão, substitua a bomba de combustível;</p> <p>7º Caso chegue combustível até a entrada do sistema de carburação confira a bóia e o estilete do carburador.</p>
Como solucionar a falta de corrente alternada (ignição eletrônica)	multivalorada	<p>1º Testar a bobina (substituindo-a por outra);</p> <p>2º Testa a caixa de ignição (substituindo-a por outra igual ou compatível);</p> <p>3º Testar do distribuidor (removendo o antigo e colocando um outro para teste);</p> <p>4º Testar o chicote (testando fil a fil)</p> <p>5º Testar a resistência do rotor;</p> <p>6º Verificar se a tampa do distribuidor está trincada ou com os pólos de contato gastos</p> <p>7º Verificar o carvãozinho da tampa do distribuidor (se ele está gasto);</p> <p>8º Verificar se os cabos de vela possuem centelha;</p> <p>9º Verificar se todas as velas não estão com o eletrodo central gasto ou carbonizado.</p>
Como solucionar a falta de corrente alternada (platinado e condensador)	multivalorada	<p>1º Conferir bobina (substituindo-a por uma outra de teste);</p> <p>2º Conferir o condensador (substituindo-o por outro novo);</p> <p>3º Conferir o desgaste do platinado e regular sua abertura;</p> <p>4º Testar a resistência do rotor;</p> <p>5º Verificar se a tampa do distribuidor esta trincada ou com os pólos de contato gastos;</p> <p>6º Verificar o carvãozinho da tampa do distribuidor (se ele está gasto);</p> <p>7º Verificar se o cabo envia centelha na bobina.</p> <p>8º Conferir se todas as velas não estão com o eletrodo central gastos ou carbonizado.</p>
Como solucionar a falta de corrente Continua	multivalorada	<p>1º Verifique se tem alimentação (corrente) no pólo positivo da bobina;</p> <p>2º Testar o comutador de ignição ou relé;</p> <p>3º Verificar se não tem fusível queimado.</p>
Falta de Alimentação (combustível)	univalorada	SIM / NÃO

Falta de corrente alternada univalorada SIM / NÃO

VARIÁVEIS	TIPOS	VALORES
Falta de corrente contínua	univalorada	SIM / NÃO
Motor de partida	univalorada	SIM / NÃO
Possíveis defeitos	multivalorada	Bateria sem carga suficiente para partida ou com defeito (não é recarregável) Falta de Combustível Motor de partida Falta de alimentação Falta de corrente contínua Falta de corrente alternada Veículo fora do ponto Correia dentada arrebentada ou pulou dente
Ignição eletrônica	univalorada	SIM / NÃO
Veículo c/ ignição	multivalorada	verdadeiro falso
Partida	univalorada	SIM/NÃO
Correia dentada	univalorada	SIM/NÃO

Tabela 5.1: Variáveis, tipos e valores

As variáveis objetivo, ou seja, aquelas que irão controlar o funcionamento da máquina de inferência são as seguintes: causas da falta de alimentação, causas da falta de corrente alternada (ignição eletrônica), causas da falta de corrente alternada (platinado e condensador), causas da falta de corrente contínua, como solucionar a falta de alimentação, como solucionar a falta de corrente alternada (ignição eletrônica), como solucionar a falta de corrente alternada (platinado e condensador), como solucionar a falta de corrente contínua e possíveis defeitos. Os valores que estas variáveis podem assumir estão listados na tabela 5.1 apresentada acima.

As regras da base de conhecimento vem apresentadas no Anexo I - **REGRAS DA BASE DE CONHECIMENTO** página 47.

A interface entre o usuário e o programa se dá através de perguntas, as quais estão ligadas às variáveis. As variáveis que possuem pergunta são:

VARIÁVEIS	PERGUNTAS
Bateria	A bateria possui carga suficiente para dar a partida?
Combustível	O veículo possui combustível suficiente para entrar em funcionamento?
Falta de alimentação (combustível)	O veículo está com falta de alimentação de combustível no sistema de carburação?
Falta de corrente alternada	O veículo possui corrente alternada (centelha)?
Falta de corrente contínua	O veículo possui corrente no terminal positivo da bobina?
Motor de partida	O motor de partida aciona o motor do veículo?
Ignição eletrônica	Este veículo possui ignição eletrônica?
Partida	Ao ser dada a partida o motor gira pesado?
Correia Dentada	O veículo possui o sistema de correia dentada (sincronizada)?

Tabela 5.2: Variáveis e perguntas

6 – CONCLUSÃO

Como o protótipo desenvolvido não precisa armazenar as consultas anteriores, ele foi desenvolvido somente no Shell Expert SINTA e para compilá-lo é necessário o mesmo.

O Sistema especialista desenvolvido está classificado como um sistema de interpretação, pois ele analisa os fatos de acordo com as respostas do usuário às perguntas feitas a ele.

O sistema especialista desenvolvido utiliza o 2º modo de resposta apresentado anteriormente (capítulo 2.6), onde o sistema é mais preciso e determina um resultado final; e além do defeito específico ele mostra também os passos que o usuário deve seguir para a solução do problema.

Na coleta de informações sobre os problemas de funcionamento assim como no desenvolvimento da base de dados foi necessária a presença de um especialista na área, pois a colocação errada de uma variável ou valor poderia influenciar no resultado de uma consulta.

Alguns benefícios poderão ser adquiridos com este sistema, tais como: maior velocidade na determinação de um problema, menor dependência de pessoal específico e uma maior flexibilidade. Além dos benefícios pode também enfrentar alguns problemas como: alguma deficiência na base de conhecimento e fragilidade, pois o sistema não possui conhecimentos mais genéricos do seu domínio.

Após o desenvolvimento do protótipo alguns testes foram realizados e todos mostraram um resultado satisfatório, ou seja, chegaram no resultado que se esperavam.

7 – BIBLIOGRÁFIAS

BITTENCOURT, Guilherme. **Sistemas Especialistas** Disponível em: <<http://www.das.ufsc.br/gia/siesp>> Acesso em: 15 Jul 2004.

CHAIBEN, Hamilton. **Inteligência Artificial na Educação.** Disponível em: <<http://www.cce.ufpr.br/~hamilton/iaed/iaed.htm>> Acesso em: 12 Jun 2004.

KELLER, Robert. **Tecnologia de Sistemas Especialistas: Desenvolvimento e Aplicação.** Tradução: Reinaldo Castello. São Paulo: Makron Books, 1991.

MANCHINI, Daniella Patrícia. PAPPA, Gisele Lobo. **Sistemas Especialistas.** Disponível em: <<http://www.din.uem.br/ia/especialistas/especialistas>> Acesso em: 10 Jul 2004.

MENDES, Raquel Dias. **Inteligência Artificial: Sistemas especialistas no Gerenciamento da Informação.** Disponível em: <<http://www.ibict.br/cionline>> Acesso em: 12 Jul 2004.

PEROTTO, Filipo Studsinski, et al. **SEAMED - Sistema Especialista para a Área Médica.** Anais do Salão de Iniciação Científica da UFRGS. Porto Alegre, 2000.

SINTA, Grupo. Expert SINTA – **Uma ferramenta visual para criação de sistemas especialistas – Versão 1.1b – Manual do usuário.** – Laboratório de Inteligência Artificial/LIA – UFC – 1996.

VALLE, Ary Muniz. VASCONCELOS, Denílson. PAULLIGU, Luiz Cláudio. **Enciclopédia do Mecânico.** São Paulo: Flash Will, 2004.

VASCONCELOS, Denílson. **Notícias da Oficina.** Disponível em: <<http://www.volkswagen.com.br/noticiasdaoficina>> Acesso em: 23 ago 2004.

ANEXO I – REGRAS DA BASE DE CONHECIMENTO

Regras da base de conhecimento:

Regra 1

SE Combustível = Não

ENTÃO Possíveis Defeitos = Falta de Combustível CNF 80%

Regra 2

SE Bateria = Não

ENTÃO Possíveis Defeitos = Bateria sem carga suficiente para partida ou com defeito (não é recarregável) CNF 80%

Regra 3

SE Motor partida = Não

ENTÃO Possíveis Defeitos = Motor de partida CNF 80%

Regra 4

SE Falta de Alimentação (combustível) = Sim

ENTÃO Possíveis Defeitos = Falta de alimentação CNF 70%

Regra 5

SE Combustível = Não

E Falta de Alimentação (combustível) = Sim

ENTÃO Possíveis Defeitos = Falta de Combustível CNF 90%

Possíveis Defeitos = Falta de alimentação CNF 60%

Regra 6

- SE Bateria = Sim
- E Motor partida = Sim
- E Falta de corrente alternada = Não
- ENTÃO Possíveis Defeitos = Falta de corrente alternada CNF 80%

Regra 7

- SE Falta de corrente alternada = Não
- E Ignição eletrônica = Sim
- ENTÃO Veiculo c/ ignição = verdadeiro CNF 100%

Regra 8

- SE Falta de corrente alternada = Não
- E Ignição eletrônica = Não
- ENTÃO Veiculo c/ ignição = falso CNF 100%

Regra 9

- SE Bateria = Sim
- E Motor partida = Sim
- E Falta de corrente contínua = Não
- ENTÃO Possíveis Defeitos = Falta de corrente continua CNF 70%

Regra 10

- SE Combustível = Não
- OU Combustível = Sim
- E Falta de Alimentação (combustível) = Sim
- ENTÃO Possíveis Defeitos = Falta de alimentação CNF 100%

Regra 11

- SE Combustível = Não
- E Falta de Alimentação (combustível) = Sim
- E Falta de corrente contínua = Não
- ENTÃO Possíveis Defeitos = Falta de corrente continua CNF 100%

Regra 12

- SE Combustível = Não
- E Falta de Alimentação (combustível) = Não
- E Falta de corrente contínua = Não
- ENTÃO Possíveis Defeitos = Falta de corrente continua CNF 100%

Regra 13

- SE Combustível = Não
- E Falta de Alimentação (combustível) = Sim
- E Falta de corrente contínua = Sim
- E Falta de corrente alternada = Não
- ENTÃO Possíveis Defeitos = Falta de corrente alternada CNF 100%

Regra 14

- SE Combustível = Sim
- E Bateria = Sim
- E Motor partida = Sim
- E Falta de Alimentação (combustível) = Sim
- E Falta de corrente contínua = Não
- ENTÃO Possíveis Defeitos = Falta de corrente continua CNF 80%

Regra 15

- SE Combustível = Sim
- E Bateria = Sim
- E Motor partida = Sim
- E Falta de Alimentação (combustível) = Sim
- E Falta de corrente contínua = Sim
- E Falta de corrente alternada = Não
- ENTÃO Possíveis Defeitos = Falta de corrente alternada CNF 90%

Regra 16

- SE Combustível = Sim
- E Bateria = Sim

- E Motor partida = Sim
- E Falta de Alimentação (combustível) = Não
- E Falta de corrente contínua = Sim
- E Falta de corrente alternada = Sim
- ENTÃO Possíveis Defeitos = Veículo fora do ponto CNF 100%

Regra 17

- SE Combustível = Sim
- E Bateria = Sim
- E Motor partida = Sim
- E Falta de Alimentação (combustível) = Não
- E Falta de corrente contínua = Sim
- E Falta de corrente alternada = Sim
- E Partida = Sim
- ENTÃO Possíveis Defeitos = Motor de partida CNF 70%
- Possíveis Defeitos = Veículo fora do ponto CNF 100%

Regra 18

- SE Combustível = Sim
- E Bateria = Sim
- E Motor partida = Sim
- E Falta de Alimentação (combustível) = Não
- E Falta de corrente contínua = Sim
- E Falta de corrente alternada = Não
- E Correia dentada = Sim
- ENTÃO Possíveis Defeitos = Correia dentada arrebitada ou pulo dente (ponto) CNF 90%
- Possíveis Defeitos = Veículo fora do ponto CNF 80%

Regra 19

- SE Falta de Alimentação (combustível) = Sim
- ENTÃO Causas da falta alimentação = Bomba com defeito CNF 100%
- Causas da falta alimentação = Filtro de combustível entupido CNF

100%

Causas da falta alimentação = Canos entupidos CNF 100%

Causas da falta alimentação = Bóia e estilete com defeito CNF 100%

Causas da falta alimentação = Falta de combustível CNF 100%

Regra 20

SE Falta de Alimentação (combustível) = Sim

ENTÃO Como solucionar a falta de alimentação = 1º Verifique se chega combustível através dos canos e/ou mangueiras ate o filtro de combustível. CNF 100%

Como solucionar a falta de alimentação = 2º Caso não chegue combustível ate o filtro certifique-se de que os canos e mangueiras não estão furados ou entupidos. CNF 100%

Como solucionar a falta de alimentação = 3º Se chegar combustível até o filtro verifique se o combustível passa por dentro do mesmo. CNF 100%

Como solucionar a falta de alimentação = 4º Caso não passe combustível pelo filtro, substitua-o pois e provável que ele esteja entupido CNF 100%

Como solucionar a falta de alimentação = 5º Se estiver passando combustível pelo filtro, veja se a bomba esta mandando combustível ate a entrada do sistema de carburação. CNF 100%

Como solucionar a falta de alimentação = 6º Se a bomba não estiver enviando combustível, ou enviando com pouca pressão, substitua a bomba de combustível. CNF 100%

Como solucionar a falta de alimentação = 7º Caso chegue combustível ate a entrada do sistema de carburação confira a bóia e o estilete do carburador. CNF 100%

Regra 21

SE Combustível = Sim

E Bateria = Sim

- E Motor partida = Sim
- E Falta de Alimentação (combustível) = Não
- E Falta de corrente contínua = Não
- ENTÃO Causas da falta de corrente continua = Comutador de ignição CNF 50%
- Causas da falta de corrente continua = Fil interrompido no chicote (interno) CNF 50%
- Causas da falta de corrente continua = Fusível queimado CNF 50%

Regra 22

- SE Combustível = Sim
- E Bateria = Sim
- E Motor partida = Sim
- E Falta de Alimentação (combustível) = Não
- E Falta de corrente contínua = Não
- ENTÃO Como solucionar a falta de corrente contínua = 1º Verifique se tem alimentação (corrente) no terminal positivo da bobina; CNF 100%
- Como solucionar a falta de corrente contínua = 2º Testar o comutador de ignição ou relé; CNF 100%
- Como solucionar a falta de corrente contínua = 3º Verificar se não tem fusível queimado. CNF 100%

Regra 23

- SE Combustível = Sim
- E Bateria = Sim
- E Motor partida = Sim
- E Falta de Alimentação (combustível) = Não
- E Falta de corrente contínua = Sim
- E Falta de corrente alternada = Não
- E Veiculo c/ ignição = verdadeiro
- ENTÃO Causas da falta de corrente alternada (ignição eletrônica) = Bobina CNF 100%
- Causas da falta de corrente alternada (ignição eletrônica) = Bobina do distribuidor (interna) CNF 100%

Causas da falta de corrente alternada (ignição eletrônica) = Chicote interrompido CNF 100%

Causas da falta de corrente alternada (ignição eletrônica) = Caixa de ignição CNF 100%

Causas da falta de corrente alternada (ignição eletrônica) = Rotor CNF 100%

Causas da falta de corrente alternada (ignição eletrônica) = Tampa do distribuidor CNF 100%

Causas da falta de corrente alternada (ignição eletrônica) = Cabos de vela CNF 100%

Causas da falta de corrente alternada (ignição eletrônica) = Velas CNF 100%

Regra 24

SE Combustível = Sim

E Bateria = Sim

E Motor partida = Sim

E Falta de Alimentação (combustível) = Não

E Falta de corrente contínua = Sim

E Falta de corrente alternada = Não

E Veiculo c/ ignição = verdadeiro

ENTÃO Como solucionar a falta de corrente alternada (ignição eletrônica) = 1º

Testar a bobina (substituindo-a por outra); CNF 100%

Como solucionar a falta de corrente alternada (ignição eletrônica) = 2º

Testar a caixa de ignição (substituindo-a por outra igual ou compatível); CNF 100%

Como solucionar a falta de corrente alternada (ignição eletrônica) = 3º

Testar do distribuidor (removendo o antigo e colocando um outro para teste); CNF 100%

Como solucionar a falta de corrente alternada (ignição eletrônica) = 4º

Testar o chicote (testando fil a fil com alimentação); CNF 100%

Como solucionar a falta de corrente alternada (ignição eletrônica) = 5º

Testar a resistência do rotor; CNF 100%

Como solucionar a falta de corrente alternada (ignição eletrônica) = 6º
 Verificar se a tampa do distribuidor está rachada ou com os pólos de contato gastos; CNF 100%

Como solucionar a falta de corrente alternada (ignição eletrônica) = 7º
 Verificar o carvãozinho da tampa do distribuidor (se está gasto); CNF 100%

Como solucionar a falta de corrente alternada (ignição eletrônica) = 8º
 Verificar se os cabos de velas possuem centelha; CNF 100%

Como solucionar a falta de corrente alternada (ignição eletrônica) = 9º
 Verificar se todas as velas não estão com o eletrodo central gasto ou carbonizado. CNF 100%

Regra 25

- SE Combustível = Sim
- E Bateria = Sim
- E Motor partida = Sim
- E Falta de Alimentação (combustível) = Não
- E Falta de corrente contínua = Sim
- E Falta de corrente alternada = Não
- E Veiculo c/ ignição = falso

- ENTÃO Causas da falta de corrente alternada (platinado e condensador) =
 Platinado CNF 100%
- Causas da falta de corrente alternada (platinado e condensador) =
 Condensador CNF 100%
- Causas da falta de corrente alternada (platinado e condensador) =
 Rotor CNF 100%
- Causas da falta de corrente alternada (platinado e condensador) =
 Tampa do distribuidor CNF 100%
- Causas da falta de corrente alternada (platinado e condensador) =
 Cabos de velas CNF 100%
- Causas da falta de corrente alternada (platinado e condensador) =
 Jogo de velas CNF 100%

Causas da falta de corrente alternada (platinado e condensador) =
Bobina CNF 100%

Regra 26

- SE Combustível = Sim
- E Bateria = Sim
- E Motor partida = Sim
- E Falta de Alimentação (combustível) = Não
- E Falta de corrente contínua = Sim
- E Falta de corrente alternada = Não
- E Veiculo c/ ignição = falso

- ENTÃO** Como solucionar a falta de corrente alternada (platinado e condensador) = 1º Conferir bobina (substituindo-a por uma outra de teste); CNF 100%
- Como solucionar a falta de corrente alternada (platinado e condensador) = 2º Conferir o condensador (substituindo-o por outro novo); CNF 100%
- Como solucionar a falta de corrente alternada (platinado e condensador) = 3º Conferir o desgaste do platinado e regular sua abertura; CNF 100%
- Como solucionar a falta de corrente alternada (platinado e condensador) = 4º Testar a resistência do rotor; CNF 100%
- Como solucionar a falta de corrente alternada (platinado e condensador) = 5º Verificar se a tampa do distribuidor está trincada ou com os pólos de contato gastos; CNF 100%
- Como solucionar a falta de corrente alternada (platinado e condensador) = 6º Verificar o carvãozinho da tampa do distribuidor (se ele está gasto); CNF 100%
- Como solucionar a falta de corrente alternada (platinado e condensador) = 7º Verificar se os cabos de vela possuem centelha; CNF 100%
- Como solucionar a falta de corrente alternada (platinado e condensador) = 8º Conferir se todas as velas não estão com o eletrodo central gasto ou carbonizado. CNF 100%