

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO
(Bacharelado)

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE SOFTWARE
COM SISTEMAS ESPECIALISTAS APLICADO AO SETOR
TÊXTIL DE BLUMENAU**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO À UNIVERSIDADE
REGIONAL DE BLUMENAU PARA A OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA
DISCIPLINA COM NOME EQUIVALENTE NO CURSO DE CIÊNCIAS DA
COMPUTAÇÃO — BACHARELADO

FABRÍCIO DA SILVA

BLUMENAU, NOVEMBRO/1999

1999/2-13

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE SOFTWARE COM SISTEMAS ESPECIALISTAS APLICADO AO SETOR TÊXTIL DE BLUMENAU

FABRÍCIO DA SILVA

ESTE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, FOI JULGADO ADEQUADO
PARA OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA DISCIPLINA DE TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO OBRIGATÓRIA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE:

BACHAREL EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

Prof. Oscar Dalfovo — Orientador na FURB

Prof. José Roque Voltolini da Silva — Coordenador do TCC

BANCA EXAMINADORA

Prof. Oscar Dalfovo

Prof. Wilson Pedro Carli

Prof. Roberto Heinzle

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais que sempre me apoiaram, incentivando-me nos momentos de desânimo e de alegria e dando-me forças para continuar o meu caminho.

Ao professor e orientador Oscar Dalfovo, que durante os meus estudos sempre me direcionou à qualidade com brilhantismo fazendo críticas e elogiando cada passo de meus estudos.

Aos professores agradeço pelos conhecimentos que me foram passados, pelas dedicações que foram dadas, pelas orientações que me ajudaram a chegar até aqui e que seguirão comigo tanto na vida pessoal quanto profissional.

Aos irmãos e amigos deixo meus agradecimentos, pela convivência e troca de experiências que com certeza, ajudaram-me a evoluir um pouco mais como ser humano e também como profissional.

À Deus e todas as formas de vida que orientam o meu caminho.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.2 JUSTIFICATIVA	3
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO	3
2 SISTEMAS ESPECIALISTAS	5
2.1 CONCEITOS	6
2.2 ABORDAGEM HISTÓRICA	7
2.3 CARACTERÍSTICAS	8
2.4 COMPONENTES	9
2.4.1 BASE DE CONHECIMENTOS	11
2.4.2 MECANISMO DE APRENDIZAGEM E AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO	11
2.4.3 MOTOR OU MÁQUINA DE INFERÊNCIA	12
2.4.4 SISTEMA DE CONSULTA	12
2.4.5 SISTEMA DE JUSTIFICAÇÃO	12
2.4.6 QUADRO NEGRO	12
2.5 FORMAS DE REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO	13
2.6 SISTEMAS ESPECIALISTAS BASEADOS EM REGRAS DE PRODUÇÃO	13
2.6.1 FUNCIONAMENTO	14
2.6.2 BASE DE DADOS	15

2.6.3 INFERÊNCIAS.....	15
2.6.4 RACIOCÍNIOS E ENCADEAMENTOS	16
2.6.5 MÉTODOS BÁSICOS DE BUSCA.....	18
2.7 FERRAMENTAS PARA UTILIZAÇÃO DAS TÉCNICAS DE SISTEMAS ESPECIALISTAS	19
2.7.1 “SHELLS”	20
3 A <i>SHELL</i> EXPERT SINTA.....	22
3.1 ARQUITETURA DE UM SISTEMA ESPECIALISTA NO EXPERT SINTA	22
3.2 PROCEDIMENTO DE EXTRAÇÃO DO CONHECIMENTO DO <i>EXPERT</i> SINTA....	23
3.3 VARIÁVEIS UNIVALORADAS E MULTIVALORADAS	24
3.4 FATORES DE CONFIANÇA E LÓGICA “ <i>FUZZY</i> ”	24
3.5 O CÁLCULO DE PROBABILIDADES NO EXPERT SINTA.....	25
3.6 GERENCIAMENTO DAS BASES	26
3.7 A JANELA <i>KNOWLEDGE-IN-A-BOX</i> (KIB).....	27
3.8 APLICAÇÃO DO EXPERT SINTA	28
3.9 FORMALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO	28
3.9.1 ESTUDO DE MÉTODOS, TEMPOS E PROCESSOS.....	30
3.9.1.1 CONCEITOS.....	30
3.9.1.2 ABORDAGEM HISTÓRICA	30
3.9.1.3 CARACTERÍSTICAS.....	31
3.9.2 FORMALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO NA ÁREA DE MÉTODOS, TEMPOS E PROCESSOS	32
3.10 CRIAÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTOS	32
3.10.1 VARIÁVEIS.....	32
3.10.2 OBJETIVOS	34
3.11 REGRAS DE PRODUÇÃO.....	35

3.12 INTERFACE.....	37
3.13 INFORMAÇÕES ADICIONAIS SOBRE A BASE.....	39
3.14 A UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA ESPECIALISTA.....	40
3.15 CONSULTA DO SISTEMA ESPECIALISTA.....	40
3.16 O DEPURADOR.....	41
3.17 COMPREENSÃO DOS RESULTADOS.....	41
3.18 <i>EXPERT SINTA VISUAL COMPONENT LIBRARY (VCL)</i>	42
3.18.1 COMPONENTES DO VCL.....	43
3.18.2 RELAÇÃO ENTRE OS COMPONENTES.....	44
4 TÉCNICAS E FERRAMENTAS UTILIZADAS.....	46
4.1 ORIENTAÇÃO A OBJETO.....	46
4.2 FERRAMENTA CASE.....	46
4.3 PROGRAMAÇÃO VISUAL.....	49
4.4 BANCO DE DADOS.....	50
5 DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO DE SOFTWARE....	51
5.1 APRESENTAÇÃO DA ESPECIFICAÇÃO.....	52
5.2 IMPLEMENTAÇÃO.....	56
5.3 OPERACIONALIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO.....	57
6 CONCLUSÃO.....	66
6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
6.2 EXTENSÕES.....	68
ANEXO 1 – BASE DE CONHECIMENTO DO <i>EXPERT SINTA SHELL</i>	70
ANEXO 2 – CÓDIGOS DAS VARIÁVEIS DO <i>EXPERT SINTA SHELL</i>	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS DE VEÍCULOS.	16
QUADRO 2 – ALGUNS COMPONENTES DO DIAGRAMA DE CASO DE USO.	47
QUADRO 3 – ALGUNS COMPONENTES DO DIAGRAMA DE CLASSES.	48
QUADRO 4 – RELAÇÃO DE REGRAS EXTRAÍDAS DA FERRAMENTA <i>EXPERT</i> SINTA <i>SHELL</i>	71

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - COMPONENTES DE UM SISTEMA ESPECIALISTA.....	11
FIGURA 2 - ARQUITETURA SIMPLIFICADA DA FERRAMENTA <i>EXPERT</i> SINTA. ...	23
FIGURA 3 - MENU PRINCIPAL DO <i>EXPERT</i> SINTA.	27
FIGURA 4 - JANELA <i>KNOWLEDGE-IN-A-BOX</i>	27
FIGURA 5 - REGRA DE PRODUÇÃO.....	28
FIGURA 6 - TELA DE CRIAÇÃO DE VARIÁVEIS.....	33
FIGURA 7 - TELA PARA DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS.	34
FIGURA 8 - TELA PARA INDICAR ORDEM DA NOVA REGRA.	35
FIGURA 9 - UMA REGRA.	36
FIGURA 10 - TELA PARA EDIÇÃO DE REGRAS.....	36
FIGURA 11 - TELA PARA INSERIR UMA CONCLUSÃO.....	37
FIGURA 12 - TELA DE EXECUÇÃO DO SISTEMA.....	37
FIGURA 13 - EDITOR DE INTERFACE.....	38
FIGURA 14 - TELA DE INFORMAÇÕES SOBRE A BASE.....	39
FIGURA 15 - O DEPURADOR.....	41
FIGURA 16 - O RESULTADO ATINGIDO.....	42
FIGURA 17 – BARRA DE FERRAMENTAS NO BORLAND DELPHI COM A BIBLIOTECA DE COMPONENTES (<i>EXPERT</i> SINTA VCL).....	43
FIGURA 18 – RELACIONAMENTO ENTRE OS COMPONENTES DO <i>EXPERT</i> SINTA VCL.	45
FIGURA 19 – ALGUNS COMPONENTES DO DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA.....	49
FIGURA 20 – DIAGRAMA DE CASO DE USO.....	52
FIGURA 21 – DIAGRAMA DE CLASSES.....	53

FIGURA 22 – DIAGRAMAS DE SEQÜÊNCIA.....	54
FIGURA 23 – TELA DE ABERTURA.....	57
FIGURA 24 – MENU DE OPÇÕES.....	58
FIGURA 25 – CADASTRO DE CLIENTES OU FUNCIONÁRIOS.....	58
FIGURA 26 – CADASTRO DE SETORES.....	59
FIGURA 27 – CADASTRO DE ORDENS DE PRODUÇÃO.....	59
FIGURA 28 – CADASTRO DE SERVIÇOS.....	60
FIGURA 29 – TELA DE INFORMAÇÕES SOBRE OS DADOS DO MODELO.....	61
FIGURA 30 – TELA DE CARACTERÍSTICAS DO MODELO.....	61
FIGURA 31 – TELA DE INFORMAÇÕES ADICIONAIS DO MODELO.....	62
FIGURA 32 – TELA DE COMPREENSÃO DOS RESULTADOS ATINGIDOS.....	63
FIGURA 33 – DEMONSTRAÇÃO DO CAMINHO REALIZADO PELO SISTEMA ESPECIALISTA.....	63
FIGURA 34 – DEMONSTRAÇÃO DAS VARIÁVEIS E SEUS VALORES.....	64
FIGURA 35 – DEMONSTRAÇÃO DAS REGRAS DO SISTEMA ESPECIALISTA.....	64

RESUMO

O presente trabalho visa apresentar um estudo sobre Sistemas Especialistas, mais especificamente utilizando a técnica de sistemas baseados em Regras de Produção, objetivando desenvolver um protótipo de software que apresentará fluxos de confecção no setor têxtil, bem como o tempo do seu processo. Para isso, são utilizadas várias técnicas e ferramentas que servirão de apoio para este trabalho, realizando também um pequeno estudo sobre estas técnicas e ferramentas.

ABSTRACT

The present work seeks to show a study about Expert Systems, more specifically using the technique of systems based on Production Rules, objectifying to develop a software prototype that will show manufacturing flowcharts in the textile section, as well as the time of its process. For that, several techniques are used and tools that will serve as a support for this work, also accomplishing a small study on these techniques and tools.

1 INTRODUÇÃO

Havendo grande demanda e pouca oferta de especialistas humanos em diversas áreas, uma consultoria baseada em um sistema de computador pode ajudar a aumentar e a disseminar a perícia necessária. Um Sistema Especialista pode resolver problemas complexos do mundo real, que requeiram a interpretação de um especialista humano. Através do uso de um modelo computacional do raciocínio de um especialista humano, pode chegar às mesmas conclusões. O Sistema Especialista armazena o conhecimento prático experimental que é difícil de extrair e que dificilmente é encontrado em livros. Além disso, seu conhecimento poderá ser preservado e transmitido a outros profissionais da mesma área, melhorando a formação de sua classe profissional.

Conforme [HEI95], no Sistema Especialista baseado na técnica de regras de produção, o conhecimento a ser processado é representado através do uso destas regras com uma arquitetura previamente definida. De uma forma geral, uma regra é um par ordenado de símbolos, com um lado esquerdo e um lado direito representando algum conhecimento sobre o assunto específico. Uma regra pode ser vista também como uma linha de programa. Uma das vantagens de se utilizar as regras de produção é a fácil manutenção, que a torna flexível devido às regras serem manipuladas de forma independente. Outras vantagens são que novas regras podem ser acrescentadas, garantindo maior legibilidade da sua base de conhecimento, além de permitir mostrar através do rastreamento das regras como chegou-se à conclusão apresentada.

Como ferramenta computacional que utiliza técnicas de Inteligência Artificial para geração automática de Sistemas Especialistas, optou-se pelo *Expert SINTA*. É um *shell* implementado na linguagem de programação orientada a objetos, desenvolvido pela Universidade do Ceará através do grupo SINTA (Sistemas Inteligentes Aplicados), cujo objetivo principal é a simplificação do trabalho de implementação de Sistemas Especialistas. Uma de suas características é o uso de um modelo de representação do conhecimento baseado em regras de produção e probabilidades. Outras características principais são: o uso de uma máquina de inferência compartilhada, a construção automática de telas e menus, o tratamento probabilístico das regras de produção e a utilização de explicações sensíveis ao contexto da base de conhecimento modelada. Uma de suas facilidades é a fácil manutenção que o usuário

terá com a ferramenta, como por exemplo, a inclusão, alteração e exclusão de novas regras. Além disso, o usuário não necessita de conhecimentos em programação.

Com o intuito de utilizar a técnica de sistemas baseados em regras de produção, resolveu-se buscar uma atividade realizada por especialistas de uma área qualquer. Além disso, deve ser útil ao mercado de trabalho para posterior desenvolvimento de um software. Os especialistas humanos devem utilizar sua experiência no ramo para a resolução de problemas específicos.

Na busca por um trabalho que possa satisfazer as necessidades, verificou-se que, de acordo com [DAL98], um dos pólos mais incentivados na região do Vale do Itajaí é o setor têxtil. Devido ao crescimento e surgimento de novas empresas têxteis através da terceirização, as fábricas, bem como as empresas em geral, necessitam de diversas informações para a confecção de um produto. Todavia, possuem sistemas informatizados que requerem pessoas experientes na função como: cronometristas, cronoanalistas e analistas de métodos, tempos e processos (ou tempos e movimentos).

Sendo assim, este trabalho visa especificar de forma adequada, a realização de um diagnóstico. Será utilizada uma técnica baseada em sistemas de regras de produção, bem como o método de especificação em análise orientada a objetos. O diagnóstico, surgirá devido à entrevistas realizadas com os profissionais na área (cronometristas, cronoanalistas e analistas da empresa Cia Hering). Os dados serão armazenados em uma base de conhecimentos compartilhada, que pode ser estudada quanto à consistência e à confiabilidade de suas recomendações. Para isto, serão utilizadas ferramentas para o desenvolvimento de um protótipo. Estas ferramentas, além de auxiliarem na especificação do trabalho através da Rational Rose 4.0, servirão de apoio para a criação e utilização de um banco de dados utilizando o Paradox 7.0. Para a programação, será utilizado o ambiente visual Delphi 3.0 com uma biblioteca de componentes voltados aos Sistemas Especialistas, ou seja, a *Expert SINTA Visual Component Library (Expert SINTA VCL)*, além da ferramenta *Expert SINTA Shell* para a criação da base de conhecimento.

Para tanto, deverá ser realizado um estudo sobre as ferramentas a serem utilizadas, em especial a *Expert SINTA Shell*. Com o auxílio desta ferramenta, será desenvolvido a aplicação com Sistemas Especialistas baseados na técnica de regras de produção e seus

componentes. Está no escopo do trabalho, ainda, o estudo e a formalização do conhecimento específico relacionado a área de métodos, tempos e processos.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é especificar e implementar um protótipo de software na qual serão utilizadas uma das técnicas de Sistemas Especialistas, mais especificamente sistema baseado em regras de produção e um estudo mais aprofundado sobre esta técnica aplicada em confecção no setor têxtil.

1.2 JUSTIFICATIVA

A importância do presente trabalho está no interesse demonstrado pela empresa na incorporação da tecnologia dos Sistemas Especialistas bem como seus ambientes de desenvolvimento de sistemas. Este trabalho, pretende também apresentar-se como uma fonte de consulta para os profissionais interessados em conhecer alguns detalhes relacionados aos Sistemas Especialistas. Um dos objetivos principais do trabalho, é que permite conhecer os elementos componentes destes sistemas, suas funções e características. Além disso, pode-se citar o desenvolvimento de um protótipo de software e estudo sobre a área de métodos, tempos e processos.

A aplicação desenvolve-se na área de confecção, visando facilitar o trabalho do especialista no setor têxtil de Blumenau. Através do auxílio de um especialista, pode-se armazenar as informações necessárias para o desenvolvimento da aplicação, visando construir uma base de conhecimentos. Esta base de conhecimentos, será formalizada através das entrevistas realizadas ao especialista humano. O desenvolvimento do protótipo para posterior desenvolvimento do software, também poderá ser útil no mercado de trabalho.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

No capítulo 1, é apresentada a introdução do trabalho, com os objetivos, justificativas e a organização do texto.

No capítulo 2, será focado uma introdução sobre Sistemas Especialistas, alguns conceitos e características, bem como seus componentes principais, o histórico da sua

evolução, sistemas baseados em regras de produção e algumas ferramentas para desenvolvimento.

No capítulo 3, será apresentado a ferramenta *Expert SINTA Shell*, seu histórico e as suas principais características. Será apresentado também um modo de formalização do conhecimento, e como aplicá-lo na ferramenta, tendo como base um estudo sobre a área de métodos, tempos e processos e entrevistas realizadas a um especialista da área. Além disso, será apresentado a *Expert SINTA VCL*, uma biblioteca de componentes para aplicação em Sistemas Especialistas, apresentando o relacionamento entre estes componentes em uma linguagem.

No capítulo 4, será apresentado as técnicas e ferramentas que servirão de apoio à implementação, fazendo um breve estudo sobre elas para facilitar o desenvolvimento do protótipo de software e torná-lo mais legível.

No capítulo 5, será apresentado o desenvolvimento e implementação do protótipo de software. Para tal, será feito uma especificação do trabalho através de um problema descrito, utilizando uma ferramenta CASE Rational Rose para facilitar a posterior implementação. A partir daí, será apresentado a implementação do protótipo de software, relatando a sua operacionalidade. Para a aplicação de Sistemas Especialistas, foram utilizadas a ferramenta *Expert SINTA Shell*, bem como os componentes do ambiente visual Delphi (*Expert SINTA VCL*). Esta aplicação, desenvolve-se na área de confecção têxtil, visando também auxiliar o trabalho do especialista no ramo.

O capítulo 6 relata as conclusões, considerações finais e extensões para o aprimoramento do trabalho.

2 SISTEMAS ESPECIALISTAS

De acordo com [HEI95], muitas empresas e até mesmo os profissionais de Informática passaram a buscar a incorporação de Sistemas Especialistas objetivando melhorar seus sistemas computacionais. Vê-se que aumenta o interesse das empresas no uso de Sistemas Especialistas. Por outro lado, nas empresas há muitas dificuldades relativas à incorporação de uma nova tecnologia. Dificuldades estas que estão relacionadas, entre tantas outras, à falta de profissionais, pois a sua maioria é treinada para o desenvolvimento de sistemas de processamento de dados convencionais. Portanto, os Sistemas Especialistas definem-se como uma tecnologia da qual as empresas pretendem tirar proveito, todavia, de forma geral, ainda não dominam.

Os Sistemas Especialistas são uma das áreas economicamente mais importantes e um dos tópicos de maior pesquisa atualmente da área de Inteligência Artificial. Sendo assim, a utilização dos Sistemas Especialistas no mercado pode servir como o diferencial sobre os demais sistemas. Além disso, pode algumas vezes substituir o especialista humano, reduzindo a demanda ou até mesmo chegar à resolução mais rápida do problema.

A arquitetura mais utilizada nos Sistemas Especialistas e em ferramentas *shells*, é a que envolve as regras de produção (*production rules*). Essas regras são simplesmente um conjunto de condições no estilo SE... ENTÃO... com a possibilidade de inclusões de conectivos lógicos. Deste modo, relaciona os atributos no escopo do conhecimento e o uso de probabilidades [HEI95].

Uma ferramenta computacional que utiliza técnicas para geração automática de Sistemas Especialistas é a *Expert SINTA Shell*, de acordo com [LIA99]. Esta ferramenta do tipo *shell*, implementada na linguagem de programação orientada a objetos, tem como seu modelo de representação as regras de produção e probabilidades. Uma de suas características é que o usuário desta ferramenta não necessita de conhecimentos em programação.

A utilização de uma ferramenta do tipo *shell*, pode servir de auxílio para um sistema, simplificando na sua construção e possível manutenção. Essa ferramenta permite ao criador do sistema preocupar-se apenas com a representação do conhecimento do especialista. Encarrega-se também com a tarefa de interpretar o conhecimento representado e executá-lo

em uma máquina, além de permitir depurações e explicações de como o computador chegou a uma ou mais conclusões preestabelecidas no sistema.

2.1 CONCEITOS

Para [PAS89], a denominação de Sistemas Especialistas provém do conhecimento de um especialista na área de aplicação dentro de um programa. Seu conceito pode ser definido como um programa de computador destinado a solucionar problemas num campo específico de conhecimento, tendo uma base de conhecimento deste domínio restrito. Usa um raciocínio de inferência para a execução, tendo desempenho comparável ao dos especialistas humanos. O Sistema Especialista pode ser considerado como uma ferramenta fundamental para diversas áreas como a indústria, a educação, a medicina, o comércio, finanças e jurídica e outros. Sua utilização destaca-se especialmente em sistemas de apoio à decisão. Suas aplicações resultam em projeções, diagnósticos, prognósticos, monitoração, simulação, manutenção, treinamento e controle.

De acordo com [LIA99], os Sistemas Especialistas podem ser definidos como programas de computador que pretendem atingir soluções de determinados problemas. Supõe que as soluções sejam semelhantes a dos especialistas humanos, se estiverem sob as mesmas condições. Tal como um especialista, o sistema deve também ser capaz de emitir decisões justificadas acerca de um determinado assunto a partir de uma substancial base de conhecimentos. Para a tomada de decisão, o especialista busca em sua memória conhecimentos prévios, formula hipóteses e verifica os fatos que encontra. Assim sendo, compara-os com as informações já conhecidas e então emite a decisão necessária. Através deste processo, o especialista alimenta novamente a sua base de conhecimentos acerca do assunto.

Conforme [RIB87], um Sistema Especialista é aquele projetado e desenvolvido para atender a uma aplicação determinada e limitada do conhecimento humano. Possui capacidade para emitir uma decisão, com apoio em conhecimento justificado, a partir de uma base de informações. Esta decisão, deve ser equivalente a um especialista de determinada área do conhecimento humano.

Segundo [GEN87], os Sistemas Especialistas são programas intensivamente baseados em conhecimento. Estes sistemas podem resolver problemas que normalmente requerem experiência humana. Os Sistemas Especialistas conseguem efetuar muitas das funções secundárias que os peritos executam, como perguntar questões relevantes e explicar suas razões.

Para [RAB95], os Sistemas Especialistas devem ter habilidade para aprender com a experiência. Além disso, devem também explicar o que estão fazendo e porque o fazem. A explicação do porquê faz determinada função é considerada uma das principais características que distinguem estes sistemas dos tradicionais sistemas de informação.

2.2 ABORDAGEM HISTÓRICA

Conforme [HEI95], no início da década de 1960 iniciaram os primeiros trabalhos nos sistemas que hoje são chamados de especialistas. No início, pretendiam construir máquinas inteligentes com grande poder de raciocínio e solução de problemas. Imaginavam que, a partir de um pequeno conjunto de normas ou regras de raciocínio introduzidas num poderoso computador poderia criar sistemas com a capacidade superior ao ser humano. Logo, os pesquisadores observaram o engano e verificaram quais as reais dimensões do trabalho.

Em 1964 construiu-se o sistema DENDRAL, por Joshua Lederberg da Universidade de Stanford. Este sistema, a partir de um determinado conjunto de dados como massa espectrográfica e ressonância magnética, deduz a possível estrutura de um certo composto químico. Seu programa era do tipo algorítmico. Foi construído baseado na linguagem de programação LISP e mostrou-se a viabilidade dos Sistemas Especialistas.

Na década de 1970, a área de computação revolucionou-se, culminando com a criação dos Sistemas Especialistas. O objetivo dos cientistas da Inteligência Artificial (IA) era o desenvolvimento de programas de computador que pudessem em alguns sentidos “pensar”. Na verdade, o objetivo era resolver problemas de uma maneira que seriam considerados inteligentes se fossem feitos pelo homem [HEI95].

Segundo [RIB87], o Instituto Militar de Engenharia foi o pioneiro no Brasil em pesquisas na área de Inteligência Artificial (IA). Há alguns anos vem desenvolvendo várias ferramentas para aplicação das técnicas de Inteligência Artificial. Desenvolveu sistemas de

recuperação em grandes bases de conhecimento, interpretadores de LISP e PROLOG, editores inteligentes, processos de jogos e interfaces para criação de ambientes em PROLOG. Seu objetivo é desenvolver Sistemas Especialistas e processadores de linguagem natural.

De acordo com [HEI95], o uso dos Sistemas Especialistas no Brasil cresce em diversas áreas científicas. A Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, desenvolveu na década de 1980, importantes trabalhos com Sistemas Especialistas. Seu principal resultado é um sistema chamado SAFO cuja finalidade é a demonstração de teoremas matemáticos. Houve também o surgimento do sistema PATER, um software para a construção de Sistemas Especialistas de caráter geral projetado para utilização em microcomputadores.

2.3 CARACTERÍSTICAS

Segundo [CUN99], o coração de um Sistema Especialista é um poderoso corpo de conhecimento sobre um domínio específico acumulado na construção de um sistema. O seu conhecimento é explícito e organizado de forma a simplificar a tomada de decisões. A característica mais vantajosa de um Sistema Especialista é o alto nível de experiência utilizado na solução de problemas. A flexibilidade do sistema também é muito importante. Outra característica é seu poder de atuar como uma teoria de processamento de informação ou modelo de solução de problemas em um dado domínio. Deste modo, pode fornecer as respostas desejadas para um dado problema, mostrando como eles poderiam se ajustar a novas situações. A habilidade de prover treinamento é mais uma característica. Os Sistemas Especialistas podem ser projetados para fornecer este treinamento, desde que contenham conhecimento necessário e capacidade para explicar os processos de raciocínio.

Para [RIB87], um Sistema Especialista tem o seu funcionamento básico apoiado em heurística. Por isso ele é a solução para problemas que, na forma tradicional, não é possível fazer-se de um algoritmo ou, se feito, irá obrigar a um processamento muito demorado para a obtenção da solução. Deve-se então, buscar um processo de forma heurística para a solução do problema. Um processo heurístico geralmente conduz a soluções de maneira mais rápida, entretanto, pode não conduzir a solução alguma. Todavia, quando fala-se em não conduzir a solução alguma, faz-se necessário ressaltar que todo Sistema Especialista deve chegar a uma conclusão final, mesmo que esta conclusão seja a de não haver solução para o problema levantado.

Conforme [HEI95], outra característica própria dos Sistemas Especialistas é a utilização de técnicas de inferência para a manipulação das informações, visando deste modo, encontrar uma solução. O mecanismo de inferência usa estratégias genéricas para adquirir conhecimento, processá-lo, tirar conclusões e dar explicações a respeito do processo de raciocínio. Esta abordagem baseada em conhecimento oferece a possibilidade de separar o conhecimento que descreve o domínio do problema do código de procedimentos que examina esse mesmo conhecimento. Este mecanismo dos Sistemas Especialistas distingue-os de programas tradicionais.

De acordo com [LIM99], os Sistemas Especialistas são capazes de aprender, analisar, controlar, interpretar, aconselhar, consultar, monitorar, comunicar, instruir, classificar, diagnosticar, prever, projetar, testar, e muitos outros. Além da capacidade de aprender, pode também melhorar o seu desempenho, aprimorar seu raciocínio e aperfeiçoar as suas decisões. Os Sistemas Especialistas são estruturados para o atendimento de uma aplicação restrita ou domínio limitado do conhecimento. Quanto mais restrito for o domínio e mais conhecimento tiver o programa, maior a sua eficiência.

Os Sistemas Especialistas podem então serem caracterizados pela manipulação de informações composta por fatos a respeito de um determinado assunto, juntamente com regras formais que descrevem as relações. Todas estas informações, compõem a chamada base de conhecimentos sobre a qual será feito o processamento. Portanto, o sistema processa o conhecimento, não existindo o processamento de dados que é típico dos sistemas de informação convencionais.

2.4 COMPONENTES

Para [LIM99], os Sistemas Especialistas são constituídos por três componentes centrais. Com a utilização destes componentes, pode-se criar um Sistema Especialista para atender a uma aplicação restrita ou domínio limitado do conhecimento. São eles: base de dados, conjunto de operadores e estratégia de controle.

- a) base de dados: é formada pelo conhecimento que contém a meta a ser alcançada, as situações-problemas e também as soluções propostas;
- b) conjunto de operadores: são as unidades que trabalham com base no banco de dados, funcionando como uma espécie de exploração do armazenamento dos dados;

- c) estratégia de controle: é a estratégia a ser adotada com base nos dados existentes e mecanismos de exploração e explanação do raciocínio.

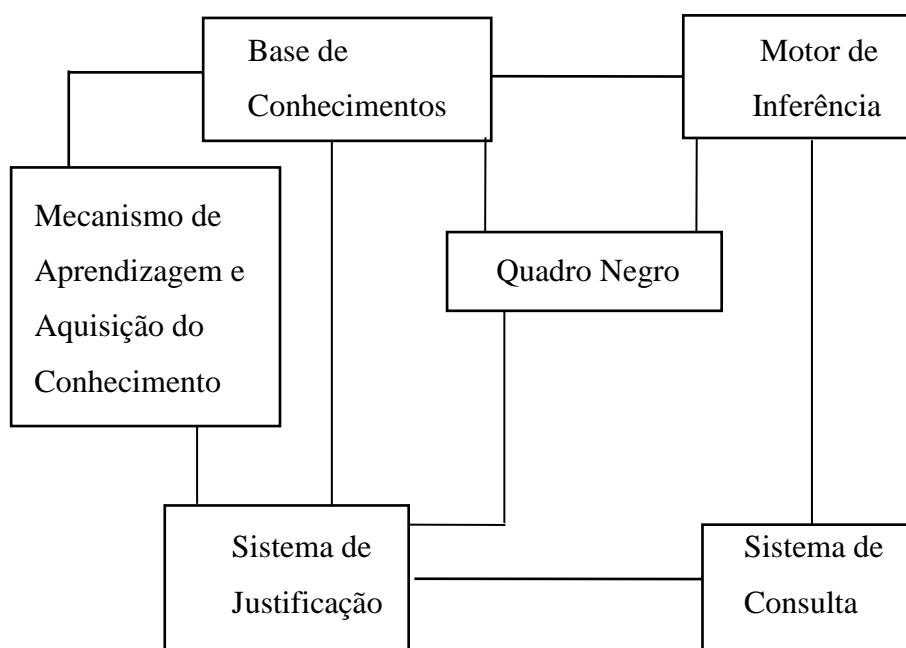
Segundo [WAT86], existe uma visão mais abrangente sobre a composição dos chamados Sistemas Especialistas. Destaca outros principais componentes do esquema de um Sistema Especialista. São eles: o próprio Sistema Especialista, o domínio especialista, o Engenheiro do Conhecimento, a ferramenta para construção do Sistema Especialista e o usuário.

Para [WID98], um Sistema Especialista é composto apenas de quatro módulos principais. Estes módulos principais são os que determinam como é o funcionamento do sistema. São eles: base de conhecimento, base de dados padrão, mecanismo de inferência e interface do usuário.

- a) base de conhecimento: contém o conhecimento especializado a ser utilizado nas decisões, o qual pode ser estruturado e codificado de diversas maneiras;
- b) base de dados padrão: contém a definição do vocabulário a ser usado, termos, frases, elementos de diagnóstico e tratamento, etc. Pode conter também dados de pacientes individuais;
- c) mecanismo de inferência: é um algoritmo, capaz de elaborar as conclusões a partir dos dados fornecidos pelo usuário do sistema, e do conhecimento armazenado em suas bases;
- d) interface do usuário: tem por objetivo realizar o diálogo entre o usuário e o sistema. Em muitos casos, é capaz de entender frases em linguagem natural.

De acordo com [RAB95] e [HEI95], a composição de um Sistema Especialista pode sofrer diversas influências. Estas influências podem ser desde a generalidade pretendida, os objetivos que motivaram sua construção, a representação interna do conhecimento e quais as implementações utilizadas. Existe então, um modelo geral de arquitetura, que é apresentada por um grande número de autores de acordo com a figura 1. Vê-se que também existem diferenças na terminologia empregada entre os autores. Todavia, de uma forma geral, o sistema pode ser constituído utilizando seis elementos básicos. São eles: base de conhecimentos, mecanismo de aprendizagem e aquisição de conhecimento, máquina ou motor de inferência, sistema de consulta, sistema de justificação e quadro negro.

FIGURA 1 - COMPONENTES DE UM SISTEMA ESPECIALISTA.



Fonte: [HEI95].

2.4.1 BASE DE CONHECIMENTOS

De acordo com [RAB95], a base de conhecimentos, contém conhecimentos sob a forma de regras de produção, quadros, redes semânticas, ou qualquer outra forma. Diz-se então que, a base de conhecimentos contém um somatório de fatos, heurísticas e até mesmo crenças. Este conhecimento é então passado ao sistema pelo especialista e armazenado de uma forma própria. Assim sendo, permite ao sistema fazer posteriormente o processamento ou inferências.

2.4.2 MECANISMO DE APRENDIZAGEM E AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO

Para [RAB95], a tarefa de aquisição do conhecimento tende a caracterizar áreas de pesquisa específicas geralmente ligadas à engenharia do conhecimento. A obtenção do conhecimento é a parte mais crítica da construção de um Sistema Especialista. Este aspecto, tem sido o motivo principal de intensas pesquisas, visando a simplificação e otimização deste processo.

2.4.3 MOTOR OU MÁQUINA DE INFERÊNCIA

Conforme [HEI95], as informações que estão armazenadas em uma base de conhecimento são estáticas até que uma força externa analise e processe este conhecimento, tirando proveito do mesmo. Esta força externa é denominada motor, máquina ou engenho de inferência. Sua função principal é a busca, análise e geração de novos conhecimentos, direcionando o processo de raciocínio, gerenciando situações de incerteza e levando ao seu resultado final. Este motor, geralmente não é um único módulo do sistema. Estão envolvidos vários outros processos que precisam trabalhar em forma conjunta, tais como a busca do conhecimento relevante num certo contexto, resolução de conflitos, gerenciamento de incertezas e a execução do processo.

2.4.4 SISTEMA DE CONSULTA

Conforme [HEI95], diversos sistemas existentes utilizam técnicas simples de interação com o usuário, geralmente com perguntas pré-formatadas e respostas com múltiplas escolhas. Todavia, intensas pesquisas tem sido feitas no sentido de tornar o computador capaz de compreender a linguagem natural humana. Esta tecnologia é um outro campo de estudo da inteligência artificial cujo desenvolvimento deverá ser de grande importância para toda a área da computação.

2.4.5 SISTEMA DE JUSTIFICAÇÃO

De acordo com [HEI95], o sistema de justificação é considerado como um recurso de questionamentos fornecido ao usuário do Sistema Especialista. Sua função principal é o esclarecimento ao usuário a respeito da conclusão apresentada pelo sistema. Além disso, visa explicar também, qual o motivo de uma pergunta determinada estar sendo realizada ao usuário.

2.4.6 QUADRO NEGRO

De acordo com [HEI95], o quadro negro é uma área de trabalho na qual o sistema irá utilizar durante o processamento de inferência. Nesta área de trabalho, são armazenadas as informações necessárias de apoio e suporte ao funcionamento do sistema, quando este sistema

está raciocinando. Embora todos os Sistemas Especialistas utilizem o quadro negro, nem todos são explicitados como sendo um componente de um sistema.

2.5 FORMAS DE REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

De acordo com [CUN99], as formas de representação de conhecimento são métodos para modelar os conhecimentos de especialistas. São colocados em algum campo, prontos para serem acessados pelo usuário de um sistema. Nos últimos anos, existem pesquisadores que trabalham na tentativa de imaginar, como codificar a informação em uma estrutura de dados e procedimentos do sistema da melhor forma. Para chegar a uma solução o pesquisador deve, primeiramente, saber qual a espécie de conhecimento envolvido no problema. Isso é necessário, para que a representação de conhecimento seja completa, concisa, transparente e computacionalmente eficiente para ser tratada. Algumas das formas de representação de conhecimento mais usadas são as seguintes: lógica formal, redes semânticas, *frames*, *scripts* e as regras de produção. Mais detalhes e informações destas formas de representação de conhecimento poderão ser vistas em [GEN87], [HEI95] e [RIB87]. Para este trabalho, serão utilizadas as regras de produção como uma técnica de Sistemas Especialistas, de forma a representar o conhecimento de um especialista humano.

2.6 SISTEMAS ESPECIALISTAS BASEADOS EM REGRAS DE PRODUÇÃO

Neste item, será apresentado mais detalhadamente, uma das formas de representação do conhecimento, os Sistemas Especialistas baseados em regras de produção, pois esta é a técnica na qual está sendo utilizada neste trabalho.

Segundo [RIB87], uma regra é considerada como um par ordenado de símbolos, com um lado esquerdo e um lado direito. O conjunto de regras é predeterminado e ordenado, representando algum conhecimento sobre um assunto. A base de dados é uma coleção de informações sobre hipóteses e fatos válidos que serão utilizados na aplicação. O interpretador é um mecanismo simples de operadores que percorre o lado esquerdo de cada regra, até encontrar uma que possa ser ajustada com um ou mais fatores e hipóteses da base de dados.

Para [PAS89], as regras de produção são as mais utilizadas nos diversos Sistemas Especialistas no mercado. Neste esquema, os conhecimentos são representados

resumidamente através de pares condição-ação. Desta maneira, as regras (base de conhecimento) têm duas partes, uma antecedente (se) e outra conseqüente (então). Durante a execução do sistema, caso a parte antecedente ou esquerda seja satisfeita, pode então disparar a parte conseqüente ou direita.

Conforme [CUN99], o formalismo de regras de produção é muito popular, sendo um dos mais utilizados em Sistemas Especialistas. É um esquema aonde o conhecimento é representado através de regras do tipo SE condição ENTÃO ação. Estes pares condição-ação são chamados de produções. Seu uso, vem do fato de que as condições em que cada regra é aplicável são descritas explicitamente e as interações entre regras são minimizadas, ou seja, uma regra não chama a outra. Outra vantagem é a sua simplicidade sintática. Todavia, não provêm facilidades de representação de estruturas mais complexas.

Conforme [LIA99], as regras de produção possuem as seguintes vantagens:

- a) modularidade: cada regra, por si mesma, pode ser considerada como uma peça de conhecimento independente;
- b) facilidade de edição (uma conseqüência da modularidade): novas regras podem ser acrescentadas e antigas podem ser modificadas independentemente;
- c) transparência do sistema: garante maior legibilidade da base de conhecimentos.

De acordo com [HEI95], as regras de produção podem ser consideradas como um par de condição-ação, sendo que o conjunto de regras representa algum conhecimento sobre o assunto abordado no sistema. São muito usadas em Sistemas Especialistas e possuem facilidade de interpretação e simplicidade sintática. Cada regra é então descrita de forma explícita e suas interações são minimizadas, visando tornar o acesso às respostas mais rápido. Desta maneira, a regra de produção é a técnica na qual será abordado neste trabalho como uma das relevâncias em computação.

2.6.1 FUNCIONAMENTO

De acordo com [HEI95], num sistema baseado em regras de produção, o conhecimento que será processado é representado usando regras com uma arquitetura já definida. Estas regras utilizam um par condição-ação onde as condições são premissas e a ação é a conclusão. Caso a regra não permita alcançar uma solução para o problema, o sistema seguirá avaliando

outras regras, acumulando o conhecimento adquirido ao longo do processo em sua lista de verdades. O processo continua até ser alcançada uma regra que leve solução do problema, ou quando não for possível a sua continuação.

2.6.2 BASE DE DADOS

Para [RIB87], a base de dados consiste em uma coleção de símbolos usados para refletir uma hipótese, um fato ou então um estado. Pode ser vista como uma memória, onde cada símbolo representa uma informação já avaliada ou uma hipótese a ser verificada. A interpretação destes símbolos depende necessariamente do tipo de aplicação. Uma de suas características é a organização, que pode ser tanto linear quanto hierárquica. O tamanho da base de dados é arbitrário e sem construções complexas, permitindo simples alterações de seu conteúdo, pela mudança ou surgimento de novos fatos e hipóteses.

2.6.3 INFERÊNCIAS

Conforme [CUN99], o motor de inferência contém um interpretador que decide como deve ser a aplicação das regras para inferir um novo conhecimento. Sua estrutura está ligada à forma de representação do conhecimento utilizada na base de conhecimentos. Uma característica do motor de inferência, é que possui uma lista de prioridade de aplicação das regras. Nele são implementados modos de raciocínio, técnicas e estratégias de busca, resolução de conflitos e tratamento de incerteza.

De acordo com [HEI95], em um processo de inferência, o sistema pode buscar as regras de modos diferentes. Pode buscar uma primeira regra arbitrariamente, ou em alguns casos busca aquela já definida como uma regra inicial, tentando atender as premissas da regra. Estas premissas descritas na regra, são então apresentadas ao usuário em forma de questionamentos. As respostas fornecidas pelo usuário são armazenadas na lista de verdades. Deste modo, faz com que estas informações fiquem disponíveis ao longo do processo de raciocínio e possam ser utilizadas para a validação de outras regras. Caso as respostas fornecidas pelo usuário atenderem as premissas da regra e esta, contiver na sua parte conclusiva uma solução para o problema, o processo de inferência terá concluído com sucesso.

A seguir, segue um exemplo de um pequeno conjunto de regras para diagnósticos de problemas em veículos.

QUADRO 1 – DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS DE VEÍCULOS.

Regra 1	SE tem combustível no tanque E tem combustível no carburador ENTÃO o motor recebe combustível
Regra 2	SE o motor recebe combustível E o motor vira ENTÃO o problema é nas velas
Regra 3	SE o motor não vira E as lâmpadas não ascendem ENTÃO o problema é na bateria ou nos cabos
Regra 4	SE o motor não vira E as lâmpadas ascendem ENTÃO o problema é o motor de partida

Fonte: [HEI95].

Pode-se observar neste exemplo apresentado, a existência de um encadeamento lógico entre as regras. Esta rede de encadeamento é denominada árvore de busca. Assim sendo, percebe-se que o raciocínio com regras de produção, envolve a aplicação de um algoritmo que faz a busca dos possíveis caminhos da árvore. Este algoritmo, por sua vez, deve oferecer recursos para que o usuário possa optar por diferentes estratégias de raciocínio ou encadeamento [HEI95].

2.6.4 RACIOCÍNIOS E ENCADEAMENTOS

De acordo com [CUN99], os Sistemas Especialistas geralmente adotam uma estratégia de raciocínio. Utilizando-se de uma ou até mais estratégias quando o espaço de busca é grande, também pode ser uma boa solução para o sistema. Define diversas estratégias de

raciocínios, que necessitam ser conhecidas para a definição ideal a ser usada em um Sistema Especialista.

Segundo [LIM99], é de grande importância que o raciocínio seja compreendido para a sua utilização de modo correto no Sistema Especialista. Com a compreensão do raciocínio, pode-se verificar a base de conhecimento, garantir a confiança do usuário e também ensinar. A Inteligência Artificial utiliza vários tipos de raciocínio visando implementar comportamentos inteligentes. A seguir, segue alguns tipos de raciocínio relacionados pelo autor:

- a) raciocínio baseado em casos: o raciocínio baseado em casos ou *case-based reasoning*, é considerado um paradigma da IA que utiliza uma enorme biblioteca de casos já acontecidos. Estes casos armazenados, servirão para consulta e também resolução de novos problemas. Desta maneira, problemas atuais são resolvidos, através da recuperação e consulta de casos já solucionados e da conseqüente adaptação das soluções encontradas. Possui a biblioteca de casos para servir como exemplo de soluções de problemas, que são armazenados segundo um método de indexação, com o objetivo de facilitar consultas posteriores;
- b) raciocínio estatístico: este raciocínio, é utilizado em situações onde não é possível prever com segurança ou certeza, a verdade ou falsidade de determinados fatos. Busca, então, prever o grau de probabilidade de determinados resultados. Também é utilizado para determinar estatisticamente a freqüência de possíveis exceções na ocorrência dos fatos. Para modelar o raciocínio estatístico podem ser utilizados fatores de certeza associados à certas regras, estatística bayesiana (uso de probabilidades) e outros;
- c) raciocínio baseado em modelos: o raciocínio baseado em modelos, é utilizado visando a realização de construções de modelos predefinidos. A construção de modelos consiste em representar o comportamento de objetos ou sistemas, podendo assim, diagnosticar o seu comportamento. Além disso, pode também acusar eventuais falhas existentes durante a sua execução;
- d) raciocínio não-monotônico: o raciocínio não-monotônico também pode ser considerado um dos meios para a implementação do Sistema Especialista. Sua utilização no sistema, permite principalmente o raciocínio de conhecimentos incompletos. Através destes raciocínios incompletos, tenta encontrar uma solução

almejada ao usuário. Para isso, faz o uso de axiomas e regras de inferência. Prevê que também que um fato, após estabelecido na base de conhecimento, pode ser alterado [LIM99].

Os Sistemas Especialistas, devem utilizar uma ou mais estratégias de raciocínio de modo correto, dependendo da aplicação a ser utilizada. Para isso, é necessário conhecê-los, pois terão sua importância no sistema, podendo ensinar e garantir a confiança do usuário, além da verificação da sua base de conhecimento. É uma das características da Inteligência Artificial, que visa, deste modo, implementar comportamentos que possam ser considerados inteligentes para um indivíduo.

De acordo com [PAS89], existem duas maneiras pelas quais as regras podem ser deduzidas em um Sistema Especialista por regras de produção. Estas duas maneiras são: o chamado encadeamento para frente (ou dirigido para o dado) e o encadeamento para trás (ou dirigido para o objetivo). Mais detalhes e informações poderão ser vistos em [CUN99], [HEI95], [LIA99], [PAS89] e [WEI88].

2.6.5 MÉTODOS BÁSICOS DE BUSCA

Conforme [HEI95], existem alguns métodos básicos de busca que são realizados durante o funcionamento de um Sistema Especialista. Estes métodos, tem como objetivo principal a definição de critérios da ordem em que as regras devem ser avaliadas durante o processamento de raciocínio do sistema. São eles:

- a) busca em profundidade: realiza a consulta priorizando os descendentes de uma premissa, explorando os caminhos alternativos apenas quando esgotar as premissas descendentes e não encontrar a solução necessária;
- b) busca em largura: sua consulta é priorizada por níveis, ou seja, ao contrário da busca em profundidade, sua busca é realizada primeiramente pelas premissas vizinhas, explorando as descendentes somente quando não encontrar a solução necessária para o problema;
- c) busca heurística: consiste em solucionar problemas sem garantia de êxito, diminuindo as buscas por tentativa e erro, podendo fazer apenas uma recomendação ou sugestão ao problema, sem haver um critério de busca previamente definido.

2.7 FERRAMENTAS PARA UTILIZAÇÃO DAS TÉCNICAS DE SISTEMAS ESPECIALISTAS

Segundo [RIB87], existem várias ferramentas para o uso de técnicas de IA, mais especificamente Sistemas Especialistas. As ferramentas auxiliam na criação, depuração e manutenção da base de conhecimento, além de facilitar na extração e acesso do conhecimento de um especialista humano através de mecanismos. As ferramentas mais tradicionais são as linguagens, por possuírem recursos internos que facilitam os mecanismos de inferência ou que permitam processar listas.

Conforme [PAS89], é necessário saber, que existem, o que se costuma chamar, as ferramentas para a construção de sistemas de Inteligência Artificial. Os Sistemas Especialistas, sendo uma aplicação da tecnologia de IA, possui diversas ferramentas para auxiliar no desenvolvimento de um sistema. Apresenta diversas ferramentas para Sistemas Especialistas existentes no mercado mundial. Entre elas, destacam-se: PROLOG e LISP.

- a) PROLOG: de acordo com [RAB95], a linguagem PROLOG, uma abreviação de *Programming in Logic*, é considerada como uma linguagem declarativa, inicialmente concebida para processamento de linguagem natural. Como LISP, é orientada para o processamento simbólico, possuindo também bons recursos para processamento de listas. Um programa escrito nesta linguagem consiste num conjunto de regras que descrevem relações entre os objetos. As relações são chamadas de predicados do programa e são escritas a partir de um subconjunto do cálculo de predicados, chamado “cláusulas de Horn”. Para programar em PROLOG, deve-se envolver aspectos declarativos, que determinam se um certo objetivo é verdadeiro. Além disso, deve-se também envolver aspectos procedimentais que permitem melhorar a eficiência dos programas;
- b) LISP: conforme [PAS89], a linguagem LISP, uma abreviação de *List Processing*, não é considerada como uma linguagem comum, por ser uma linguagem matematicamente formal e uma eficiente linguagem de programação. A primeira linguagem, baseia-se em teorias das funções recursivas, enquanto que, a segunda, é dedicada ao processamento de dados simbólicos ao invés de numéricos.

2.7.1 “SHELLS”

Segundo [RAB95], *shell* é o nome dado a uma família de ferramentas e não à linguagens de programação. Seu objetivo é apoiar e simplificar o processo de construção de Sistemas Especialistas. São softwares que contêm alguns dos principais elementos de um Sistema Especialista, tais como, o motor de inferência, o justificador e outros. Estas ferramentas também pré-definem a estruturação do conhecimento a ser utilizada pelo sistema. Ao projetista do Sistema Especialista usuário de uma *shell* cabe apenas a tarefa de construir a base de conhecimentos.

Conforme [HEI95], as *shells* representam grande tendência para o desenvolvimento de Sistemas Especialistas. As primeiras *shells* surgiram devido as retiradas das bases de conhecimentos específicas de alguns Sistemas Especialistas, dando origem as EMICYN, KAS e EXPERT, sendo que atualmente já existem muitas outras ferramentas no mercado disponíveis, servindo de apoio para a geração dos sistemas. Podem suportar vários mecanismos de raciocínio e utilizam as representações de conhecimento, aquisição do conhecimento e interfaces para bancos de dados de sistemas convencionais. Mais detalhes sobre as *shells* podem ser vistas em [HEI95] e [RAB95].

De acordo com [LIA99], nos primeiros Sistemas Especialistas desenvolvidos, eram construídos os módulos do sistema antes de criar a sua base de conhecimentos. Observou-se que muitos deles tinham em comum alguns destes módulos. Constatou-se então, que seria possível criar sistemas genéricos que poderiam ser usados para a criação de novos Sistemas Especialistas, apenas adicionando ou criando a através da base de conhecimentos correspondente ao domínio do problema. Estes sistemas de uso genérico seriam denominados *shells*. Sua principal função tornou-se a simplificação do trabalho de implementação de um Sistema Especialista, além de permitir seu uso por qualquer outra pessoa sem conhecimento de informática.

A ferramenta *Expert SINTA*, um *shell* voltado para facilidade de uso, já está sendo utilizado com sucesso na construção de diversos Sistemas Especialistas. Possui uma biblioteca de componentes denominada *Expert SINTA Visual Component Library (Expert SINTA VCL)*, que pode ser utilizada pelo ambiente Borland Delphi em qualquer versão. Deste modo, torna-se viável aproveitar as possibilidades oferecidas pela ferramenta descrita

dentro de uma linguagem de programação orientada a objeto de alta produtividade [LIA99]. A ferramenta *Expert SINTA*, bem como sua biblioteca de componentes *Expert SINTA VCL* serão utilizadas no desenvolvimento deste protótipo, sendo necessário um estudo formalizado sobre elas, o qual está sendo apresentado no capítulo seguinte.

3 A SHELL EXPERT SINTA

De acordo com [LIA99], o *Expert SINTA* é uma ferramenta computacional que usa 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 principal objetivo simplificar o trabalho de implementação de Sistemas Especialistas. Esta simplificação ocorre graças ao uso de uma máquina de inferência compartilhada, a construção automática de telas e menus, o tratamento probabilístico das regras de produção e a utilização de explicações sensíveis ao contexto da base de conhecimento modelada. O usuário responde a uma determinada seqüência de menus, encarregando o sistema de fornecer as devidas respostas que se encaixem no quadro apontado pelo usuário. Como exemplos, pode-se citar os sistemas de diagnósticos médicos e configuração de redes de computadores.

As principais características do *Expert SINTA*, conforme [LIA99] são:

- a) utilização do encadeamento para trás (*backward chaining*);
- b) utilização de fatores de confiança;
- c) ferramentas de depuração;
- d) possibilidade de incluir ajudas on-line para cada base.

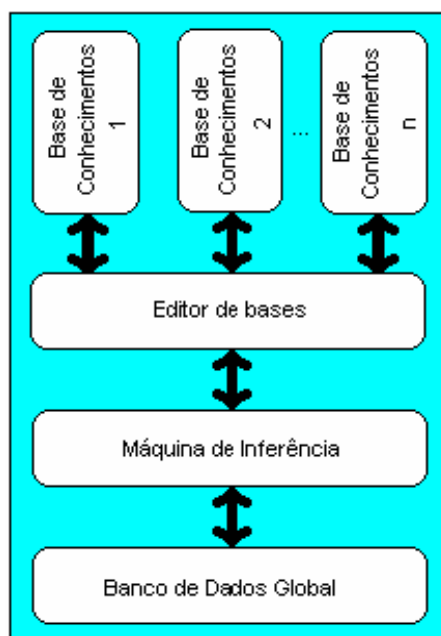
3.1 ARQUITETURA DE UM SISTEMA ESPECIALISTA NO EXPERT SINTA

Os Sistemas Especialistas gerados no *Expert SINTA* seguem a arquitetura mostrada na figura 2. A seguir segue os conceitos dos componentes relacionados na figura 2, conforme [LIA99]:

- a) base de conhecimentos: representa a informação (fatos e regras) que um especialista utiliza, conforme descrito anteriormente no item 2.6.2 deste trabalho;
- b) editor de bases: é o meio pelo qual a *shell* permite a implementação das bases desejadas;
- c) máquina de inferência: é a parte do Sistema Especialista responsável pelas deduções sobre a base de conhecimentos, conforme descrito anteriormente no item 2.6.3 deste trabalho;

- d) banco de dados global: são as evidências apontadas pelo usuário do Sistema Especialista durante uma consulta.

FIGURA 2 - ARQUITETURA SIMPLIFICADA DA FERRAMENTA *EXPERT SINTA*.



Fonte: [LIA99].

3.2 PROCEDIMENTO DE EXTRAÇÃO DO CONHECIMENTO DO *EXPERT SINTA*

De acordo com [LIA99], a ferramenta *Expert SINTA* utiliza o encadeamento para trás, apesar de também simular o encadeamento para frente. Portanto, o projetista deve incluir na definição da base quais os atributos que devem ser encontrados. A máquina de inferência irá encarregar-se de encontrar uma atribuição para este atributo desejado nas conclusões das regras, ou seja, após a cláusula então. Para que a regra seja aprovada, suas premissas devem ser satisfeitas, obrigando à máquina a encontrar os atributos das premissas para que possam ser julgadas, acionando deste modo um encadeamento recursivo. Caso o atributo procurado não seja encontrado em nenhuma conclusão de regra, uma pergunta direta é feita ao usuário do sistema.

3.3 VARIÁVEIS UNIVALORADAS E MULTIVALORADAS

De acordo com [LIA99], no acompanhamento da execução de um Sistema Especialista, uma única variável poderá receber diversos valores em uma única consulta ao sistema. Um exemplo ideal seria um sistema de diagnóstico médico, onde paciente poderá apresentar mais de uma doença. Portanto, também é importante conhecer variáveis que podem ter apenas uma instância (univalorada) ou múltiplas instâncias (multivaloradas), sendo que as variáveis numéricas são tratadas como univaloradas.

Quando a máquina de inferência busca encontrar instâncias para uma variável univalorada, esta máquina procurará até encontrar um valor ou então esgotar todas as possibilidades da base de conhecimento. Se, por algum motivo, durante a busca de uma outra variável, esta variável receber um valor quando já possuía outro, esse valor antigo será descartado, ficando armazenado o novo valor.

Quando a máquina de inferência busca encontrar instâncias para uma variável multivalorada, esta máquina prosseguirá até que toda a base de conhecimento seja explorada, sendo que os valores permanecerão acumulados [LIA99].

3.4 FATORES DE CONFIANÇA E LÓGICA “FUZZY”

De acordo com [HEI95], associado a um conhecimento específico, geralmente existe um fator de certeza ou confiança durante uma decisão sobre um dado conhecimento. Esta incerteza, necessita ser integrada na construção de Sistemas Especialistas, pois está presente nas coletas de dados, definições, combinações e conclusões de um processo. Uma das maneiras de tratar esta incerteza, pode ser através da utilização de recursos de estatística e probabilidade.

A lógica *fuzzy*, objetiva principalmente modificar ou diluir (“*fuzzify*”) a lógica visando permitir a manutenção de proposições conflitantes. Assim sendo, pode resolver critérios de pertinência imprecisos, tratando as incertezas de um Sistema Especialista através de intervalos numéricos. Deste modo, a incerteza sobre uma decisão é expressa através destes intervalos numéricos, como por exemplo entre 0 e 100, onde o usuário definirá qual o seu percentual de certeza sobre uma pergunta realizada pelo sistema.

3.5 O CÁLCULO DE PROBABILIDADES NO EXPERT SINTA

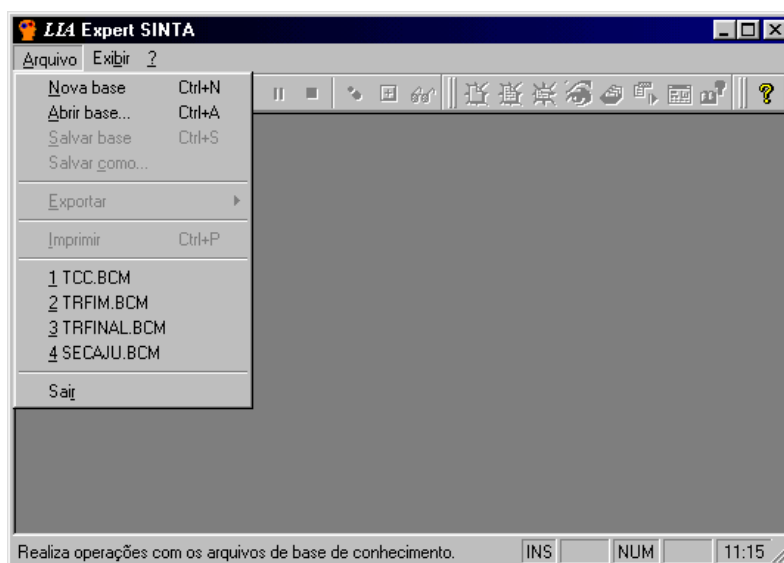
A seguir, pode-se observar no exemplo apresentado como é feita a atribuição dos fatores de confiança da ferramenta *Expert SINTA*, conforme apresentado por [LIA99]:

- a) quando deseja-se saber qual o valor final atribuído às variáveis na conclusão de uma regra, deve-se seguir os seguintes passos: seja c_1 o grau de confiança atribuído ao resultado final da premissa de uma regra r . Na conclusão de r , deve-se ter expressões como $\text{var} = \text{value CNF } c_2$, onde var é uma variável, value é um termo qualquer que pode ser atribuído a uma variável, c_2 é um real pertencente entre zero e cem $[0,100]$ que representa o grau de confiança da atribuição. Mas, c_2 é apenas uma referência, pois o valor final é dependente do resultado da premissa. Assim sendo, será realizado a operação $\text{var} = \text{value CNF } c_1 * c_2$. Exemplo de uma aplicação para o cálculo de probabilidades: SE fumagina = sim ENTÃO suspeita de praga = mosca branca, grau de confiança (CNF) 70%. Assim sendo, supondo que o grau de confiança da igualdade fumagina = sim é 80%, teremos que à variável suspeita de praga será atribuído o valor mosca branca, com o respectivo grau de confiança $0.80 * 0.70 = 0.56 = 56\%$;
- b) cálculo do grau de confiança com o operador E: se possui-se duas igualdades $\text{var}_1 = \text{value}_1$ e $\text{var}_2 = \text{value}_2$, com os respectivos graus de confiança c_1 e c_2 , têm-se que a sentença $\text{var}_1 = \text{value}_1$ E $\text{var}_2 = \text{value}_2$ retornará como valor de confiança $c_1 * c_2$. Exemplo de aplicação: SE estados das folhas = esfrelam facilmente E presença de manchas irregulares = sim...Se o grau de confiança da igualdade estados das folhas = esfrelam facilmente é 80% e o grau de confiança da igualdade presença de manchas irregulares = sim é 70%, temos que a conjunção das duas sentenças retornará um valor CNF de 56%, pois esse é o produto dos dois valores;
- c) cálculo do grau de confiança com o operador OU: se possui-se duas igualdades $\text{var}_1 = \text{value}_1$ e $\text{var}_2 = \text{value}_2$, com os respectivos graus de confiança c_1 e c_2 , têm-se que a sentença $\text{var}_1 = \text{value}_1$ OU $\text{var}_2 = \text{value}_2$ retornará como valor de confiança $c_1 + c_2 - c_1 * c_2$. Exemplo de aplicação: SE besouros vermelhos = sim OU larvas marrons = sim ...Se o grau de confiança da igualdade besouros vermelhos = sim é 80% e o grau de confiança da igualdade larvas marrons = sim é 70%, temos que a disjunção das duas sentenças retornará um valor CNF de $0.70 + 0.80 - 0.70 * 0.80 = 1.50 - 0.56 = 0.94 = 94\%$;

- d) quando uma variável recebe duas vezes o mesmo valor em pontos diferentes da consulta: em momentos diferentes de uma consulta, uma mesma variável var pode receber o mesmo valor v, sendo que até à penúltima instanciação esta variável possuía grau de confiança c1, e a última atribuiu um CNF c2. Sendo assim, têm-se que o valor final de confiança para $var = v$ será dado através da fórmula $ca + cn - ca * cn$, onde o ca representa o grau de confiança antes da última mudança e o cn representa o último grau de confiança atribuído. Exemplo de aplicação: a variável doença possuía valor mofo preto com grau de confiança 60%. Após a aplicação de outras regras chegou-se a uma outra atribuição doença = mofo preto, desta vez com CNF 50%;
- e) O cálculo se dá de maneira semelhante à aplicação da regra OU: doença terá como um dos valores mofo preto, com respectivo grau de confiança $0.60 + 0.50 - 0.60 * 0.50 = 1.10 - 0.30 = 0.80 = 80\%$. Obs.: O sistema admite 50% como valor mínimo de confiança para que uma igualdade seja considerada verdadeira, mas esse valor pode ser modificado. O intervalo de grau de confiança varia de 0 a 100.

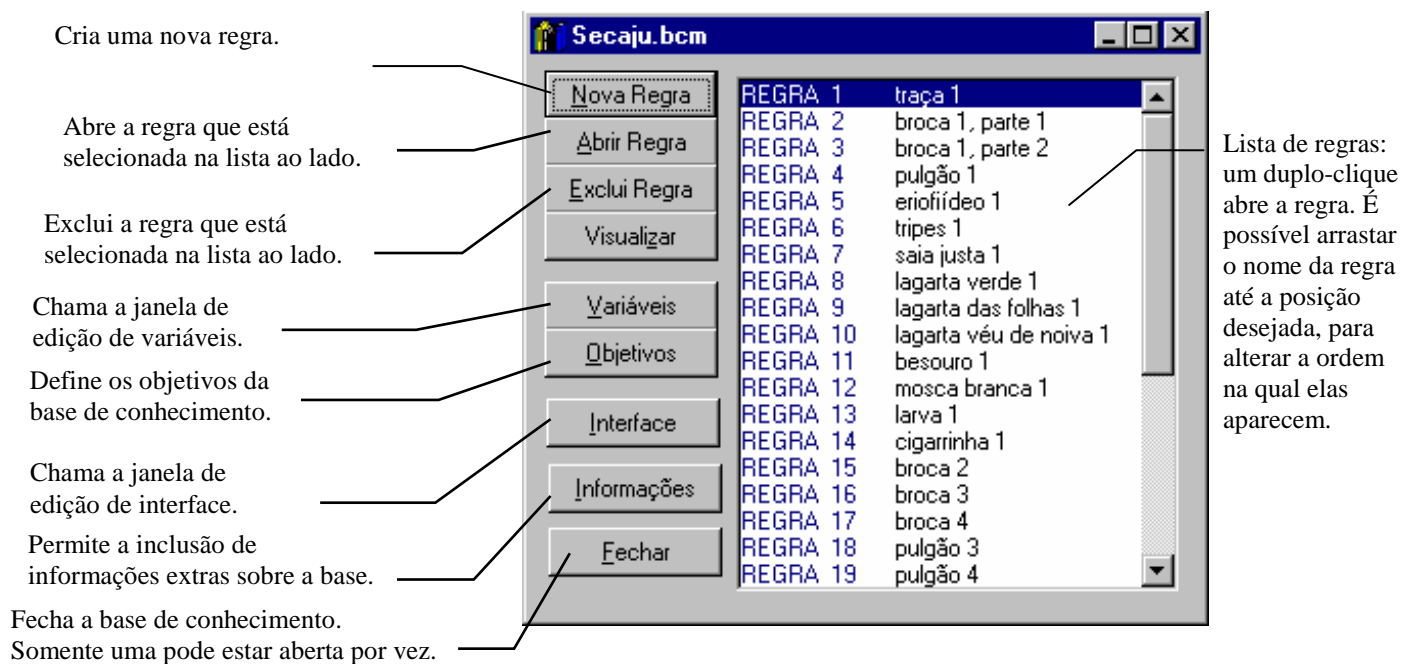
3.6 GERENCIAMENTO DAS BASES

Como padrão, a ferramenta *Expert SINTA* grava as bases de conhecimento geradas em arquivos com extensões *.BCM. Para abrir bases já existentes em seus discos, utiliza-se o menu Arquivo/Abrir, conforme mostrado na figura 3. Para criar uma base totalmente nova, utiliza o menu Arquivo/Novo, também visto na figura 3. Caso desejar-se salvar uma base na qual se está trabalhando para posterior uso em uma aplicação, utiliza-se o menu Arquivo/Salvar da figura 3. Ao salvar a base pela primeira vez, uma caixa de diálogo aparecerá para que seja indicado o nome do arquivo na qual a base será gravada e qual pasta será encontrado este arquivo. A impressão ocorre através do menu Arquivo/Imprimir da figura 3. Uma caixa de diálogo de configuração de impressoras aparecerá. Outras opções dos menus encontram-se também na barra de ferramentas da figura 3, inicialmente presente no topo da área de trabalho do *Expert SINTA*. Além disso, é possível também mudar a posição da barra de ferramentas, bastando apenas clicar sobre esta barra e arrastar o mouse para onde desejar movê-la [LIA99].

FIGURA 3 - MENU PRINCIPAL DO *EXPERT SINTA*.

3.7 A JANELA *KNOWLEDGE-IN-A-BOX* (KIB)

A janela apresentada na figura 4, mostra todas as opções de edição de base, além de uma lista com todas as regras presentes até o momento. Entretanto, estas e outras opções, encontram-se repetidas na barra de ferramentas, inicialmente presente no topo da área de trabalho da ferramenta *Expert SINTA* [LIA99].

FIGURA 4 - JANELA *KNOWLEDGE-IN-A-BOX*.

Fonte: [LIA99].

3.8 APLICAÇÃO DO EXPERT SINTA

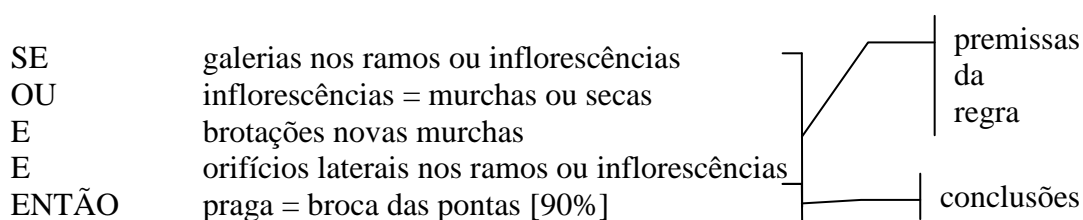
Um dos objetivos do trabalho é demonstrar a utilização da tecnologia de Sistemas Especialistas aplicado no setor têxtil em Blumenau, mais especificadamente na área de produção da confecção. A utilização destes sistemas na área de confecção pode se mostrar muito útil, pois evita o trabalho repetitivo da definição do fluxo ideal para cada modelo de produção a ser confeccionado, auxiliando através de questões relativas ao modelo e definindo um fluxo padrão para melhor aproveitamento do tempo de mão-de-obra.

A ferramenta *Expert SINTA*, baseia-se na representação do conhecimento através de regras de produção. Pode ser utilizada para a criação de Sistemas Especialistas em geral, auxiliando na sua implementação. Para a edição das regras esta ferramenta oferece ao usuário um editor próprio. O formato destas regras de produção e os demais detalhes da implementação nesta ferramenta serão mostrados a seguir.

3.9 FORMALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Conforme [LIA99], o *Expert SINTA* utiliza regras de produção para a representação do conhecimento. Essas regras são um conjunto de condições no estilo SE...ENTÃO..., com a possibilidade de inclusão de conectivos lógicos. Relaciona, deste modo, os atributos no escopo do conhecimento e o uso de probabilidades, como pode-se observar na figura 5.

FIGURA 5 - REGRA DE PRODUÇÃO.



Fonte: [LIA99].

Para criar bases utilizando o *Expert SINTA*, deve-se seguir um critério, ou seja, são necessários obedecer os seguintes itens:

- a) a estrutura de cada premissa deve obedecer ao seguinte modelo:
 - **conectivo:** é um dos seguintes elementos utilizados na lógica clássica: NÃO, E, OU. Sua função principal é unir a sentença ao conjunto de premissas que formam a seção de antecedentes de uma regra;

- **atributo:** é uma variável capaz de assumir uma ou múltiplas instanciações no decorrer da consulta à base de conhecimentos. Cabe ao desenvolvedor definir qual o tipo de atributo. Um atributo é uma entidade totalmente abstrata, capaz de armazenar listas de valores cujo significado depende do contexto da base. Números também podem ser atribuídos a variáveis;
 - **operador:** é um elo de ligação entre o atributo e o valor da premissa que define o tipo de comparação a ser realizada. São operadores relacionais: =, >, <=, <>, entre outros;
 - **valor:** é um item de uma lista a qual foi previamente criada e relacionada a um atributo. A interface visual do *Expert SINTA* foi idealizada de modo a minimizar o trabalho do responsável pela implementação da base de conhecimentos. Para tanto, o *Expert SINTA* exige que os atributos sejam definidos antes de criar-se uma regra que o utilize. No momento da criação de um atributo, também é possível que seja definida uma lista de valores que constituirá o universo ao qual suas instanciações devem necessariamente pertencer. As listas criadas podem ser utilizadas para construção de *menus*, caso o Sistema Especialista necessite efetuar uma pergunta ao usuário referente àquele determinado atributo. Um valor também pode ser um número, caso o atributo o permita;
- b) a estrutura de cada conclusão deve obedecer ao seguinte modelo:
- **atributo:** eqüivale ao mesmo atributo usado em premissas;
 - “=” é um operador de atribuição e não de igualdade. Ou seja, o atributo, nas conclusões de regra, é sempre instanciado a um valor. Dependendo se a variável pode ou não acumular múltiplas instanciações, o novo valor substituirá o antigo ou será empilhado com os demais;
 - **valor:** eqüivale ao mesmo valor utilizado em premissas;
 - **grau de confiança:** é uma porcentagem indicando a confiabilidade daquela conclusão específica da regra. O grau de confiança varia de 0% a 100%.

Deste modo, vê-se que a formalização do conhecimento desta ferramenta, visa transformar um conhecimento de um especialista humano em uma maneira formal conforme a figura 5. A partir desta formalização, pode-se então implementar o sistema. Visando formalizar o conhecimento de um especialista humano na área de métodos, tempos e

processos da confecção para o uso da ferramenta *Expert SINTA*, é necessário realizar entrevistas à estes especialistas, bem como um estudo sobre esta área.

3.9.1 ESTUDO DE MÉTODOS, TEMPOS E PROCESSOS

3.9.1.1 CONCEITOS

Segundo [MUN66], o estudo de tempos e movimentos trata da melhoria dos métodos e processos de trabalho através da determinação do tempo ideal para cada operação. O critério de preferência é geralmente o da economia monetária, contudo, a facilidade ou economia do esforço humano, a economia de tempo ou materiais, assim como outros critérios podem ter precedência.

De acordo com [BAR77], o termo estudo de tempos e movimentos recebeu diversas interpretações desde sua origem. Uma definição mais apropriada, é que consiste em um estudo sistemático dos sistemas de trabalho.

O estudo de tempos e movimentos ou métodos, tempos e processos, visa melhorar o processo de trabalho. Para isso, são analisados vários fatores como: os métodos executados em cada processo, o tempo gasto de um indivíduo atuando normalmente na sua função estabelecida etc. Pode também melhorar a economia monetária da empresa.

3.9.1.2 ABORDAGEM HISTÓRICA

Conforme [BAR77], o estudo de tempos iniciou-se em 1881 por Frederick Taylor na usina *Midvale Steel Company*. Taylor observou que o sistema operacional da fábrica era muito problemático, decidindo mudar o estilo de administração, de tal modo que os interesses dos trabalhadores e da empresa fossem os mesmos. Viu então, que o maior obstáculo para a cooperação harmoniosa entre a empresa e os trabalhadores, era a incapacidade que a administração tinha de estabelecer uma carga de trabalho apropriada e justa para a mão-de-obra. Deste modo, iniciou o estudo para determinar um tempo ideal necessário ao desempenho de vários tipos de trabalho.

3.9.1.3 CARACTERÍSTICAS

Conforme [MUN66], o estudo de tempos e movimentos é considerado principalmente como uma forma sistemática de encontrar inovações. A aplicação do estudo de tempos e movimentos, tem profundos efeitos sobre as condições e salários da mão-de-obra industrial. Estes efeitos podem ser classificados como resultados a curto e longo prazos. O impacto real pode ser econômico, emocional (psicológico ou sociológico), ou mecânico (fisiológico), ou então uma combinação de todos eles.

O resultado final do estudo, ou seja, das medidas para determinar um tempo ideal, recebe o nome de tempo padrão. Este tempo padrão, indica quanto deve-se manter em um determinado ritmo de trabalho, para produzir uma unidade de produção ou unidade de trabalho. No ritmo de trabalho, são vistos o método, as condições de trabalho, equipamentos, tipo de indivíduos e grau de exercício de tais capacidades individuais.

Conforme [BAR77], para melhor compreender o estudo de tempos, deve-se saber o que é tempo padrão, pois ele é um dos pontos mais importantes deste estudo. Um tempo padrão, é uma função da quantidade de tempo necessário para desenvolver uma unidade de trabalho usando os métodos e equipamentos dados sob certas condições de trabalho. Estas condições são dadas para um trabalhador que possua a habilidade no trabalho e uma aptidão específica para este trabalho. É analisado dentro de um período dado de tempo o seu esforço físico de modo que não cause efeitos prejudiciais, ou seja, que não dissipe durante o uso típico do intervalo entre os dias de trabalho.

O estudo de movimentos, tem como função principal a aplicação dos princípios de economia dos movimentos exercidos pelo trabalhador. Esta aplicação, requer reduzido investimento de capital e possui baixo custo do projeto, sugerindo qual o melhor método manual, ou a melhor combinação entre este método e a máquina. Este método, sendo de maneira seqüencial, pode ser dividido em pequenos elementos, cujos elementos formam uma operação e o conjunto destas, por sua vez, formam um roteiro ou fluxo a ser seguido. Cada elemento possui um tempo, o conjunto destes elementos somados, formam uma operação e o conjunto destas formam um fluxo e neste fluxo está o tempo do processo a ser executado. Vê-se então, que o estudo de tempos e movimentos é realizado em cada elemento, operação e fluxo final.

O estudo de tempos e movimentos não inclui a análise de diversas despesas exercidas pelas empresas. Entre elas podem-se destacar as despesas referentes à administração, amortização de máquinas e outras despesas fixas. Seu objetivo enfoca-se apenas no processo de trabalho (área de produção), visando sua melhoria e podendo gerar vários benefícios à empresa. Para isso, define normas, operações e fluxos (ou roteiros) a serem seguidos nos processos de produção das áreas, visando melhores aproveitamentos, menor custo, eficiência e produtividade [BAR77].

3.9.2 FORMALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO NA ÁREA DE MÉTODOS, TEMPOS E PROCESSOS

Para a utilização de regras de produção na ferramenta *Expert SINTA*, é necessário antes formalizar o conhecimento de um especialista humano. A área escolhida para esta formalização foi a têxtil, devido a existirem muitas empresas ou facções na região do Vale do Itajaí e poucos especialistas neste ramo. Desta maneira, realizou-se uma entrevista a um especialista na área de métodos, tempos e processos na tentativa de formalizar o seu conhecimento sobre uma tarefa específica.

A entrevista ao especialista da área, realizou-se na Cia Hering, sendo que esta empresa terceirizou várias tarefas, dentre elas a confecção de produtos (modelos de peças). O especialista entrevistado auxiliou na formalização da sua tarefa, apesar da grande diversidade de conhecimento, contribuindo para a aplicação do Sistema Especialista. Assim sendo, pode-se realizar a criação da base de conhecimentos da ferramenta *Expert SINTA*, formalizando o conhecimento do especialista humano às regras de produção conforme apresentado no anexo 1.

3.10 CRIAÇÃO DA BASE DE CONHECIMENTOS

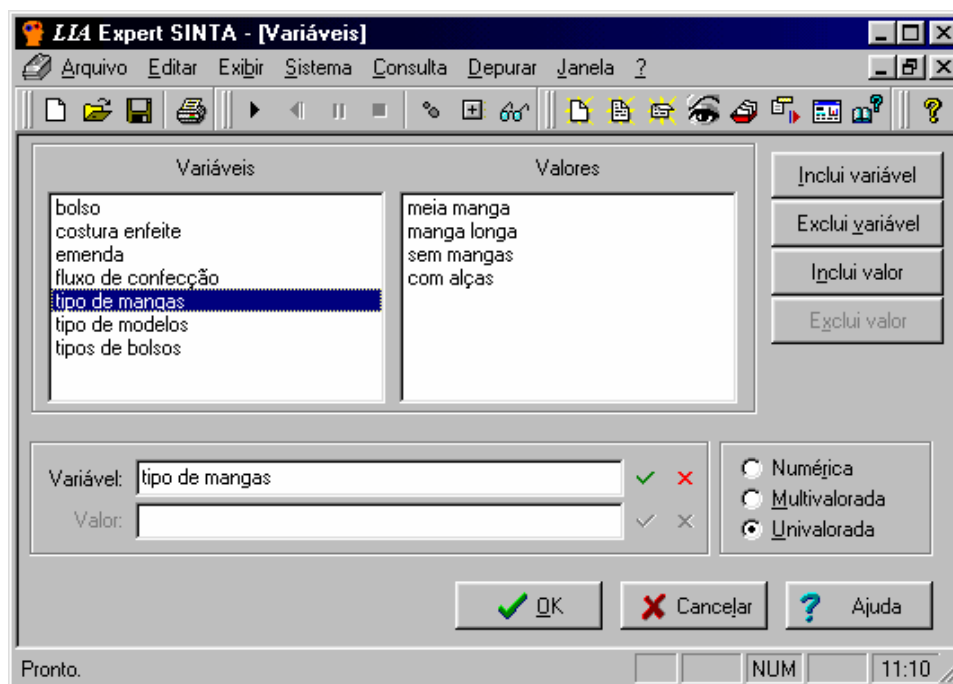
3.10.1 VARIÁVEIS

De acordo com [LIA99], antes de criar as regras, é necessário que todas as variáveis utilizadas, bem como seus respectivos valores, sejam criados. Através desse mecanismo, a base fica organizada, fácil de manter e as regras podem ser criadas visualmente. Os passos necessários para poder-se criar e editar variáveis e valores são os seguintes:

- a) na janela da base de conhecimentos, clica-se no botão Variáveis;

- b) a janela de variáveis é aberta, e duas caixas de listagem podem ser vistas (figura 6). A caixa da esquerda representa as variáveis já existentes, enquanto que a caixa da direita, os valores relativos à variável que está atualmente selecionada;
- c) para adicionar variáveis, clica-se no botão Incluir Variável (figura 6) e, em seguida, digita-se um valor na caixa de texto variável. Para confirmar este novo valor, é necessário que se tecle <ENTER> após a digitação ou então que se pressione o pequeno botão à direita (o que possui a marca de verificação). Para cancelar uma inserção, clica-se em qualquer outro controle da janela (incluindo os botões OK e Cancelar, os quais fecham a janela);
- d) para adicionar valores, seu procedimento é análogo, sendo necessário apenas que uma variável esteja selecionada;
- e) para indicar se uma variável é numérica, multivalorada ou univalorada (figura 6), primeiro seleciona-se uma variável e, em seguida, o tipo desejado entre os botões de opção localizados no canto inferior direito da janela apresentado na figura 6;
- f) variáveis numéricas não podem ter valores pré-definidos. Nesse caso, a lista de valores passa a atuar como uma lista de intervalo, ou seja, nesta lista, é exibido o intervalo de valores aceitáveis para aquela variável.

FIGURA 6 - TELA DE CRIAÇÃO DE VARIÁVEIS.



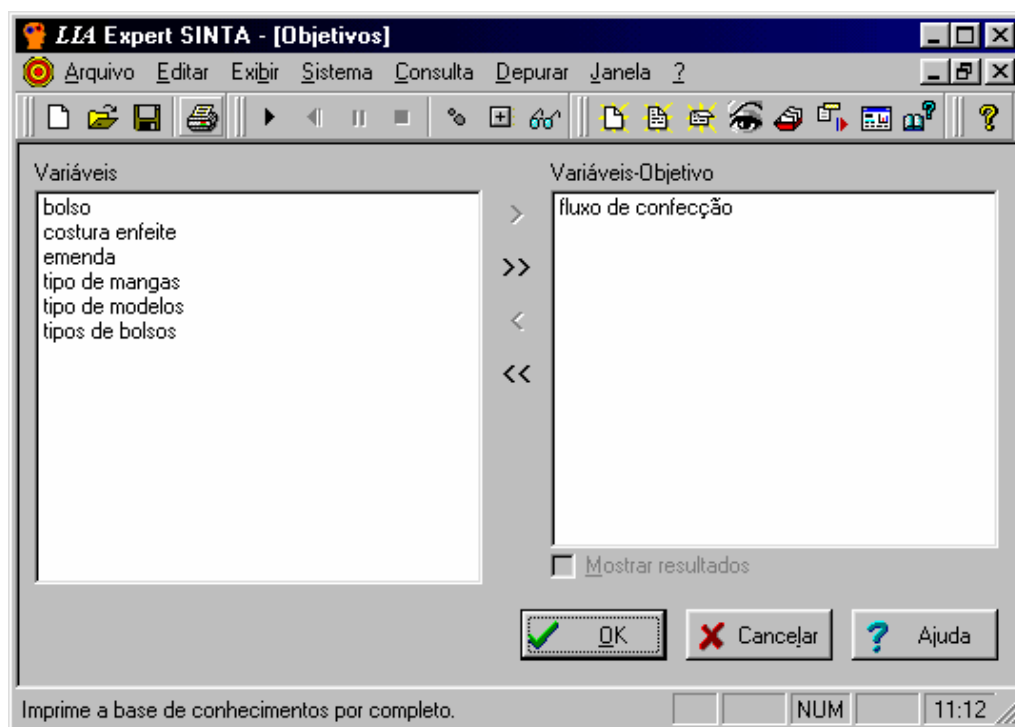
3.10.2 OBJETIVOS

O objetivo principal de uma consulta a um especialista é encontrar a resposta para um determinado problema. Assim também é um Sistema Especialista, contudo, a diferença é que no sistema, os problemas são representados através de variáveis. Antes de poder-se executar esse sistema pela primeira vez, é necessário que defina-se quais são as variáveis (chamadas de variáveis objetivo) que irão controlar o modo pelo qual a máquina de inferência deve se comportar no sistema.

Os passos necessários para a determinação dos objetivos são os seguintes:

- a) na janela da base de conhecimentos, pressiona-se o botão Objetivos. Aparecerá então uma janela com duas listas (figura 7): a lista das variáveis comuns e a lista das variáveis objetivo;
- b) para fazer de uma variável comum uma variável objetivo ou vice-versa, deve ser selecionada a variável desejada clicando no botão correspondente, ou seja, aquele que aponta para a lista de destino (figura 7). A lista com uma seta dupla move todos os itens de uma lista para outra.

FIGURA 7 - TELA PARA DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS.



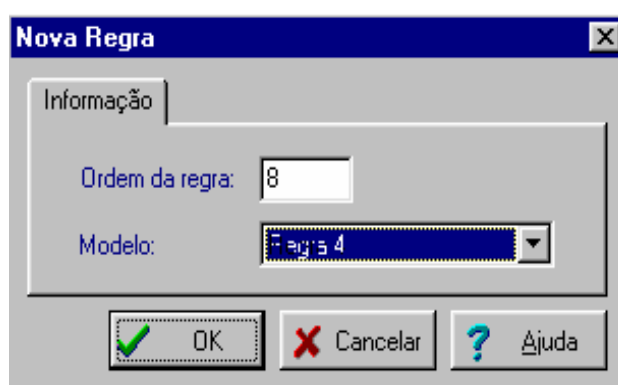
3.11 REGRAS DE PRODUÇÃO

Já sabe-se que a ferramenta *Expert SINTA* utiliza regras de produção para modelar o conhecimento humano. Deste modo, conforme [LIA99], torna a ferramenta ideal para problemas de seleção, no qual uma determinada solução deve ser atingida a partir de um conjunto de seleções.

Para criar uma regra procede-se da seguinte maneira:

- clica-se o botão Nova Regra, na janela da base de conhecimentos;
- uma caixa de diálogo (figura 8) pedirá para que se indique a posição dessa regra em relação às demais, pois a ordem das regras em um sistema influencia o descobrimento de soluções. Seleciona-se então a ordem desejada na lista;
- caso a regra que se está criando é parecida com outra, é possível reaproveitá-la. Na figura 8 por exemplo, a regra 8 será criada a partir da regra 4, fazendo apenas as ligeiras alterações necessárias nesta nova regra;

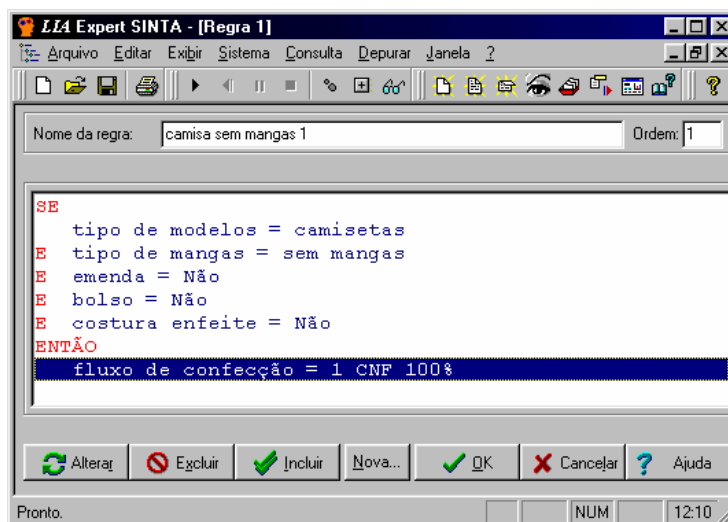
FIGURA 8 - TELA PARA INDICAR ORDEM DA NOVA REGRA.



- na figura 9, observa-se um exemplo de uma janela contendo uma regra. Nesta regra, será solicitado um nome, visando facilitar a sua localização no sistema para o usuário e esclarecer a sua importância. Também é permitido alterar a ordem da regra a partir desta tela. Nesta tela aparecerá as sentenças da regra. A sentença selecionada será aquela que sofrerá alterações. Ao inserir um novo item, o mesmo aparecerá imediatamente após a sentença selecionada. Clicando no botão Nova, uma nova regra será criada, fechando-se a atual, clicando no botão OK a regra será

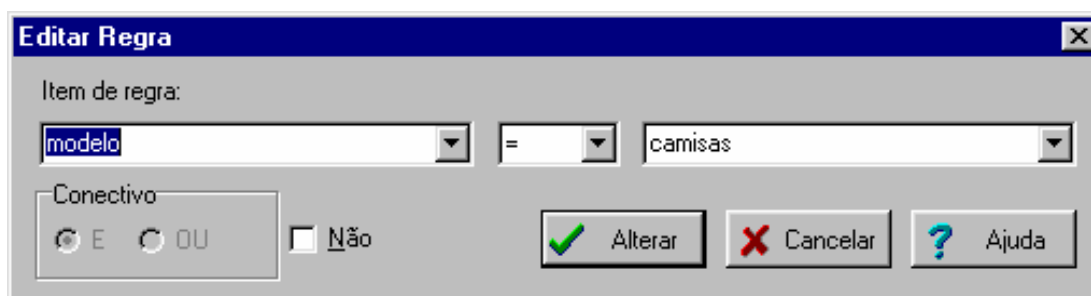
fechada e confirmada as alterações. É necessário que a regra possua pelo menos uma premissa e uma conclusão;

FIGURA 9 - UMA REGRA.



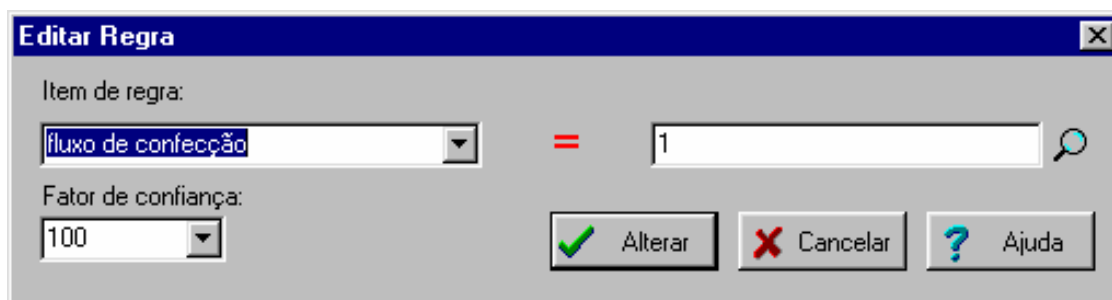
- e) para inserir uma premissa (figura 9), marca-se o local na caixa de listagem na qual se deseja inserir a sentença e clica-se o botão Incluir. Uma outra janela aparecerá com várias listas (figura 10). A primeira destas listas, indica a variável a ser utilizada, e a última, o valor com o qual se estabelece uma relação entre elas. É também possível identificar qual o tipo de relação: igualdade (“=”), diferença (“<”), superioridade (“>”- somente para variáveis numéricas). Caso a premissa não seja a primeira da regra, deverá se indicar o tipo de conectivo (E ou OU) pelo qual a premissa se liga à anterior;

FIGURA 10 - TELA PARA EDIÇÃO DE REGRAS.



f) para inserir uma conclusão (figura 11), procede-se também de maneira análoga, escolhendo um item a partir do conectivo ENTÃO na regra. Nas conclusões, somente o operador de atribuição (“=”) pode ser utilizado. A última lista presente indica qual o grau de confiança daquela atribuição. Ao deixar a lista vazia, automaticamente é indicado uma confiança de 100% (cem por cento).

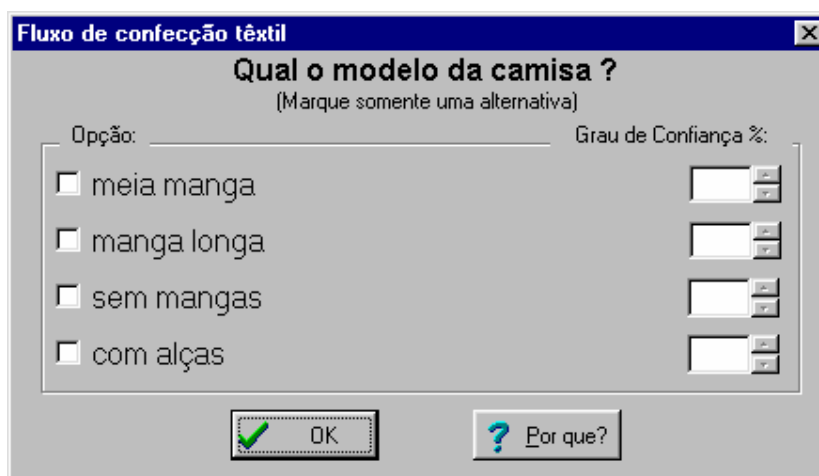
FIGURA 11 - TELA PARA INSERIR UMA CONCLUSÃO.



3.12 INTERFACE

Um Sistema Especialista implementado com o *Expert SINTA* pode comunicar-se com o usuário final através de menus, conforme a figura 12. Estes menus, podem ser de múltipla escolha ou escolha simples, no caso de uma variável ser univalorada. Sua construção é feita automaticamente pela *shell*, mas alguns detalhes devem ser fornecidos pelo criador da base de conhecimentos. De acordo com [LIA99], os elementos da interface com o usuário são os seguintes:

FIGURA 12 - TELA DE EXECUÇÃO DO SISTEMA.

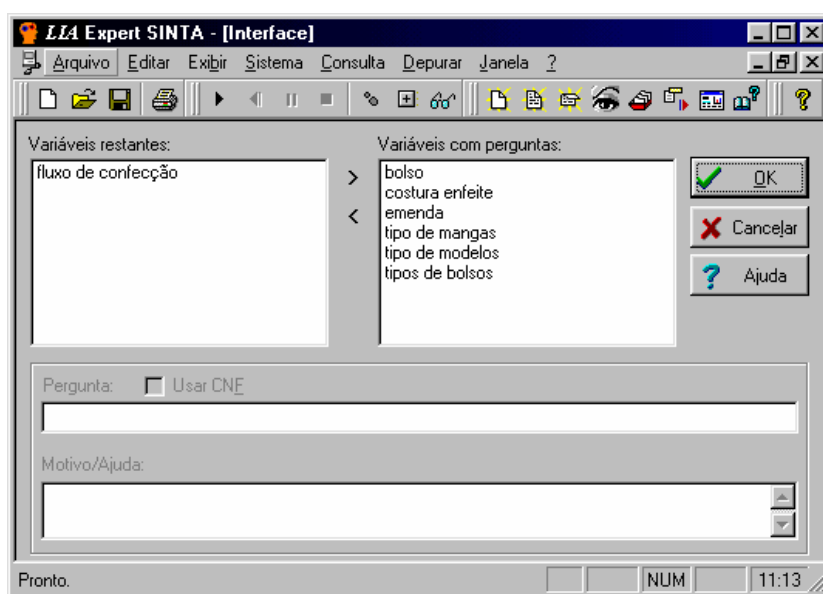


a) uma pergunta realizada pelo sistema ao usuário;

- b) opções referentes àquela variável, definidas na janela de variáveis;
- c) entrada para grau de confiança;
- d) indicativo de que a variável é multivalorada ou univalorada, definido na janela de variáveis;
- e) explicação rápida sobre aquela pergunta.

A pergunta realizada pela máquina de inferência deve ser personalizada para que seja inteligível. Quando o *Expert SINTA* necessita perguntar o valor de determinada variável, ele cria uma sentença genérica do tipo “Qual o valor de x?”, onde x é o nome da variável. Deve-se então, criar uma sentença mais clara através do editor de interface (figura 13). Para isso, deve-se clicar no botão Interface da janela KIB. O *Expert SINTA* permite modificações em apenas dois itens, os quais são : Perguntas e Motivo/Ajuda.

FIGURA 13 - EDITOR DE INTERFACE.



Na parte superior direita da janela, encontra-se uma lista das variáveis que já possuem perguntas prontas feitas pelo criador da base. Para visualizar estas perguntas, basta clicar sobre alguma delas. Para modificar a pergunta ou o motivo, escreve-se novamente o conteúdo das caixas de texto. As mudanças são feitas automaticamente. Para eliminar uma pergunta, move-se o item selecionado para a lista da esquerda.

Na lista superior esquerda, aparecem as variáveis que ainda não possuem nenhuma pergunta pronta feita pelo usuário, ou seja, as variáveis restantes. Para criar uma nova

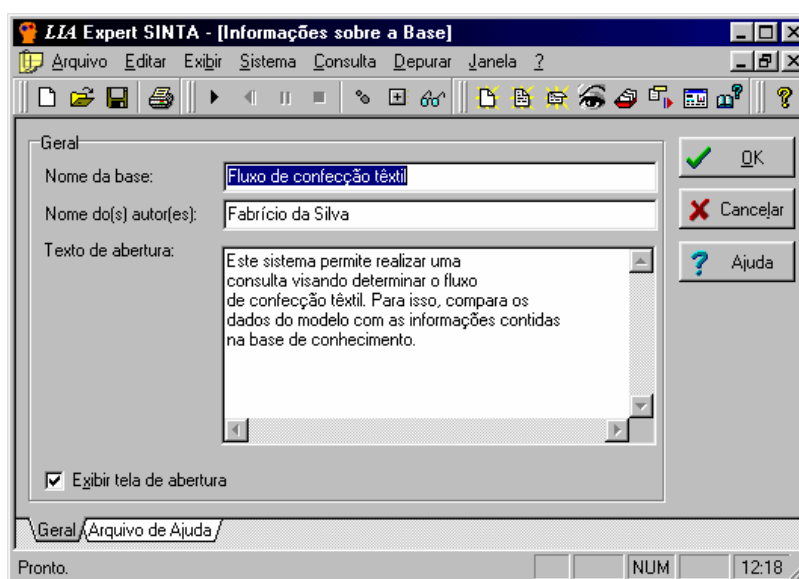
pergunta, seleciona-se a variável desejada e move-se para a lista da direita, digitando o conteúdo das caixas de texto. Estas mudanças também são feitas automaticamente pela ferramenta.

3.13 INFORMAÇÕES ADICIONAIS SOBRE A BASE

A janela informações sobre a base apresentada na figura 14, exibida a partir do botão Informações da janela KIB, permite a definição de diversas informações. Estas informações são apenas de caráter esclarecedor sobre a base criada, indicação dos autores e definição de contextos de ajuda que podem servir de auxílio para o aproveitamento do Sistema Especialista. De acordo com [LIA99], a janela divide-se em duas partes:

- a) geral: as informações adicionais sobre o sistema são incluídas, tais como: o nome da base, os autores e um texto de abertura. Todos estes dados aparecerão em uma tela de abertura quando a base é colocada em funcionamento. Para permitir a exibição desses dados, deixa-se marcada a caixa de verificação Exibir tela de abertura, na parte inferior da janela;
- b) arquivo de ajuda: tem por finalidade possibilitar ao criador da base de conhecimentos a inclusão de tópicos da ajuda para os valores possíveis de determinados atributos, associando a um arquivo no formato ajuda do Windows a sua base, que pode ser então criado.

FIGURA 14 - TELA DE INFORMAÇÕES SOBRE A BASE.



3.14 A UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA ESPECIALISTA

O *Expert SINTA* mantém uma interface uniforme para a consulta de qualquer base de conhecimento criada em seu ambiente, conforme descrito por [LIA99]. Existem dois modos pelos quais podem ser efetuadas estas consultas:

- a) execução usual, na qual o usuário acompanha uma seqüência de menus de múltipla ou única escolha, nos quais deve-se indicar as informações necessárias para que possam resultar nas conclusões atingidas pelo Sistema Especialista;
- b) modo de acompanhamento, pelo qual é possível examinar o conteúdo das regras que formam o sistema, bem como acompanhar a sua execução passo a passo e os valores que cada variável possui em determinado momento desta execução.

Um Sistema Especialista procura atingir conclusões para determinados objetivos preestabelecidos. Assim sendo, sempre que um desses objetivos é atingido, ou quando se esgotam todas as possibilidades de inferência, o *Expert SINTA* apresentará uma janela com os resultados alcançados pelo sistema. Além disso, mostrará também o acompanhamento de como chegou-se àquela conclusão.

3.15 CONSULTA DO SISTEMA ESPECIALISTA

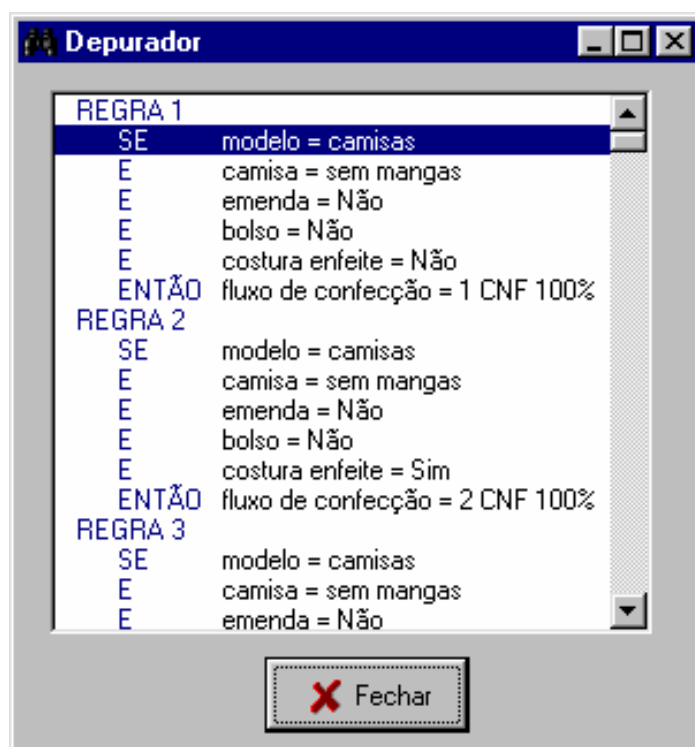
Iniciando-se a consulta, o Sistema Especialista poderá apresentar uma tela de aberturas conforme a figura 14, com informações sobre seu funcionamento, os autores e casos aos quais o sistema é aplicado. Esta consulta pode se desenvolver por meio de menus de múltipla ou única escolha. Um menu típico como exemplo é mostrado na figura 12.

Escolhe-se a opção desejada marcando-se as respectivas caixas de verificação, localizadas sempre à esquerda de cada alternativa, observando-se também, à direita, na figura 12, a possibilidade de entrar com o grau de confiança da resposta que o usuário tem sobre àquela pergunta. Desta maneira, pode-se expressar a dúvida do usuário através de um número percentual, ou seja, a resposta terá validade no intervalo de 0 (zero) a 100% (cem por cento). Caso não conseguir responder àquela pergunta, deve-se deixar as alternativas em branco. Automaticamente o *Expert SINTA* entenderá que não se sabe responder ao questionamento apresentado.

3.16 O DEPURADOR

Quando se está no modo de acompanhamento em uma execução do sistema, uma nova janela estará aberta para visualização desta execução, denominada depurador, conforme apresentado a seguir na figura 15.

FIGURA 15 - O DEPURADOR.



De acordo com [LIA99], o depurador mostra, em sua caixa de listagem, todas as regras da base de conhecimento de um sistema em execução. A sentença em destaque é aquela que está sendo analisada no momento pela máquina de inferência. Para continuar a acompanhar, passo a passo a execução do sistema, utiliza-se o menu Depurar/Passo, ou o botão respectivo da barra de ferramentas ou ainda utilizando a tecla F8. Se o sistema estiver realizando uma pergunta, deve-se responder antes de executar um passo deste sistema.

3.17 COMPREENSÃO DOS RESULTADOS

O Sistema Especialista divide a sua consulta em uma busca de objetivos. Ao final de cada busca, uma janela de resultados (figura 16) é apresentada. De acordo com [LIA99], esta janela divide-se em quatro partes:

FIGURA 16 - O RESULTADO ATINGIDO.



- resultados: são apresentados todos os valores atingidos pelo objetivo, com os respectivos graus de confiança, sendo que, caso o sistema não tenha chegado a nenhuma solução, ele indicará que nenhum valor foi encontrado;
- histórico: exibe todo o caminho realizado pelo Sistema Especialista até atingir uma solução;
- todos os valores: é uma generalização da primeira página. Exibe todos os valores de todas as variáveis;
- o sistema: exibe todas as regras do Sistema Especialista. Útil também para entender como o sistema chegou à uma conclusão, em conjunto com o histórico.

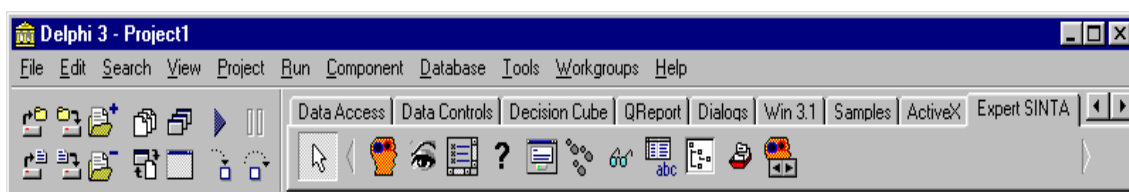
3.18 EXPERT SINTA VISUAL COMPONENT LIBRARY (VCL)

De acordo com [LIA99], a *Expert SINTA VCL* é uma biblioteca de componentes para programação de Sistemas Especialistas. De uma forma geral, esta biblioteca de componentes torna possível a criação de aplicações para bases de conhecimento geradas com o *Expert SINTA*. Esta biblioteca de componentes, vem sendo utilizado com sucesso na construção de Sistemas Especialistas. Possui recursos de intercâmbio de dados com outros ambientes de desenvolvimento, conforme mostrado na figura 17 e grande aproveitamento das

características do sistema operacional na criação de interfaces com o usuário final. Os principais motivos da utilização do *Expert SINTA VCL* são:

- a) o *Expert SINTA (shell)* não provém toda a funcionalidade necessitada em certos Sistemas Especialistas;
- b) não há meios de aproveitar os dados obtidos com o *shell* em outros programas;
- c) é inviável o acréscimo de vários recursos de interface e intercâmbio de dados na ferramenta em si.
- d) os Sistemas Especialistas devem ser compilados em uma dada linguagem de programação e utilizados de forma totalmente independente do *Expert SINTA*;
- e) é possível reaproveitar milhares de linhas de código já escritas na construção do *shell*.

FIGURA 17 – BARRA DE FERRAMENTAS NO BORLAND DELPHI COM A BIBLIOTECA DE COMPONENTES (*EXPERT SINTA VCL*).



Assim sendo, entre as tarefas desempenhadas pela ferramenta *Expert SINTA VCL*, destacam-se como as principais:

- a) o encapsulamento da máquina de inferência e a estrutura de dados que representa o conhecimento (regras de produção);
- b) o fornecimento de mecanismos para entrada de dados do usuário;
- c) o fornecimento mecanismos de depuração;
- d) permitir a personalização da aplicação final.

3.18.1 COMPONENTES DO VCL

Os componentes nativos da *Expert SINTA VCL* podem ser divididos em categorias, conforme descrito por [LIA99]. A seguir, são relacionadas estas categorias dos componentes:

- a) componente principal (*TExpertSystem*);
- b) componentes gerais de interface gráfica (*TRuleView*, *TExpertPrompt*, *TLabelQuestion* e *TValuesGrid*);

- c) componentes de depuração (*TAllVars*, *TConsultTree*, *TWatchPanel*, *TDebugPanel* e *TWhyDialog*);
- d) componente de navegação (*TExNavigator*).

3.18.2 RELAÇÃO ENTRE OS COMPONENTES

De acordo com [LIA99], existe outra forma de classificar a VCL: componentes de atualização automática, os quais modificam-se automaticamente sempre que um fato relevante ocorre durante uma consulta e componentes passivos, que precisam da chamada de um método para exibir funcionalidade.

Basicamente, todos os componentes, à exceção de *TConsultTree* e *TAllVars*, são automáticos. Para que componentes automáticos procedam como tal, é preciso relacioná-los a um componente *TExpertSystem*. Para isso, existe a propriedade *ExpertSystem*. Através do *Object Inspector* de um ambiente visual como o Delphi, pode ser atribuído um sistema especialista para cada controle automático. Cada componente reage de acordo com a mudança feita. Um exemplo é o *TruleVie*, que reage a mudanças do arquivo da base de conhecimento, mas nenhum componente nativo da *Expert SINTA VCL* é notificado sobre mudanças realizadas diretamente na estrutura de dados, como, por exemplo, uma alteração de nome de variável feita através do *shell*.

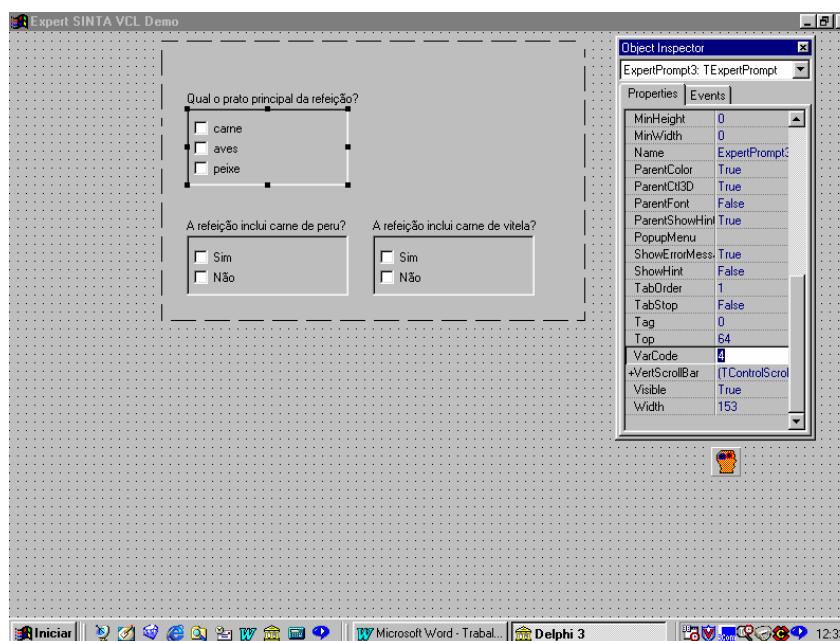
Outro parâmetro importante que aparece constantemente nos componentes da *Expert SINTA VCL* são os códigos de variáveis. Por exemplo, o componente *TExpertPrompt* monta automaticamente um menu de entrada de dados para que o usuário marque valores de uma dada variável. Logo, a variável é um parâmetro básico deste componente. É indicada a variável referenciada pelo componente através de seu código.

Cada variável criada através do *Expert SINTA* recebe um código interno que nunca muda (a não ser, óbvio, que esta seja apagada e inserida novamente - categoricamente nem sequer seria a mesma variável), conforme mostrado no anexo 2. Assim, o uso de códigos é o modo mais estável de referência de variáveis.

De acordo com a figura 18, pode-se observar o relacionamento de um dos três quadros que foi selecionado (*TExpertPrompt*) com o campo *VarCode* do *Object Inspector* do ambiente Delphi. Ao colocar o número do código da variável gerada pelo arquivo texto da ferramenta

Expert SINTA, automaticamente são colocados os seus valores incluídos conforme descrito no item 3.10.1. Observa-se também o uso das perguntas realizadas através do *TLabelQuestion*, sendo que todos os componentes (*TExpertPrompt* e *TLabelQuestion*) devem estar relacionados com o componente *TExpertSystem*.

FIGURA 18 – RELACIONAMENTO ENTRE OS COMPONENTES DO *EXPERT SINTA VCL*.



Fonte: adaptado de [LIA99].

Para obter os códigos criados pelo *Expert SINTA*, deve-se abrir a base de conhecimento no *shell* e selecionar o menu Arquivo/Exportar/Códigos. A seguir, digita-se o nome do arquivo texto (.txt) onde sairão os resultados. Pode-se abrir posteriormente este arquivo em um editor de textos quando precisar saber o código de uma dada variável ou valor [LIA99]. Um exemplo é o anexo 2, aonde foi criado o arquivo texto para futura utilização em uma implementação. Contudo, é necessário estudar as técnicas e ferramentas utilizadas antes de fazer esta implementação.

4 TÉCNICAS E FERRAMENTAS UTILIZADAS

Para a realização de um protótipo de software, é importante obter uma formalização do trabalho antes da programação. Assim sendo, é necessário estudar algumas técnicas e ferramentas que servirão de apoio à implementação, visando facilitar seu desenvolvimento e torná-lo mais legível.

4.1 ORIENTAÇÃO A OBJETO

Para [COX91], a palavra objeto pode ser definida como qualquer coisa que tenha limites claramente definidos, como por exemplo: lápis, mesas, cadeiras e outros. A programação orientada para o objeto tende a crescer nos próximos anos, ao mesmo tempo que, compras de computadores para diversas aplicações também estão crescendo, tornando-se mais uma utilidade tanto doméstica quanto comercial. Desta maneira, é necessário termos facilidades de implementações em linguagens orientadas a objetos com interfaces melhores tanto para o desenvolvimento da aplicação quanto para a utilização do sistema por parte de um usuário.

De acordo com [BAR98], existem várias metodologias de modelagem orientada a objetos. Estas metodologias causavam uma guerra entre a comunidade de desenvolvedores orientado a objetos. Entre as diversas metodologias, podem ser destacadas: Booch, técnica de modelagem de objetos (OMT), OOSE e *Objectory*. Surgiu então uma tentativa de padronizar a modelagem orientada a objetos de uma forma que, qualquer sistema, seja qual for o tipo, possa ser modelado corretamente, com consistência, fácil de se comunicar com outras aplicações, simples de ser atualizado e compreensível. Esta tentativa surgiu através de uma ferramenta CASE Rational Rose.

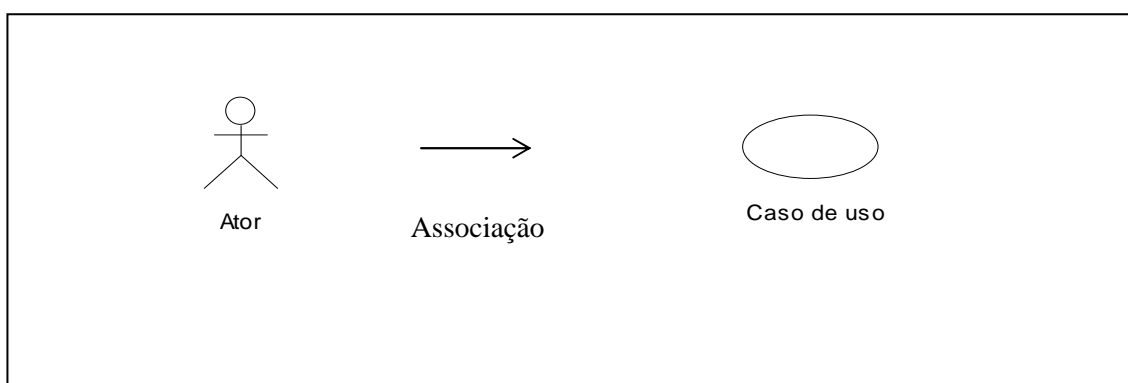
4.2 FERRAMENTA CASE

Conforme [FIS90] e [MAR96], para reduzir problemas no projeto ou desenvolvimento de um sistema, é relevante a utilização ferramentas CASE. Estas ferramentas, separam o projeto do programa aplicativo da implementação do código, podendo auxiliar a automação de análise, projeto e geração de software. Segundo [BAR98], a ferramenta CASE Rational Rose, é um desenvolvimento de novos conceitos não normalmente usados, com uma nova

técnica de modelagem de objetos unificada das demais, denominada *Unified Modeling Language* (UML). A UML é considerada uma linguagem de modelagem gráfica para descrever um projeto de software, simplificando o complexo processo de análise, projeto e construção de software e criando visões do sistema que está sendo construído. A UML é o padrão de notação para projetos de sistemas orientados a objeto. Serve de linguagem comum a programadores e analistas de sistemas e permite a documentação de um projeto de software. Pode-se criar modelos de sistemas seguindo o paradigma de objetos. Esta ferramenta possui nove diagramas a serem definidos, contudo serão utilizados neste trabalho apenas três: o diagrama de caso de uso, diagrama de classes e diagrama de seqüência.

De acordo com [BAR98], a modelagem de um diagrama de caso de uso é uma técnica usada para descrever e definir os requisitos funcionais de um sistema. Para isso, utiliza atores, casos de uso e uma forma de comunicação entre eles, como a associação (quadro 2). Os atores representam o papel de uma entidade externa ao sistema, como um usuário, um hardware, ou então um outro sistema que interage com o sistema modelado. Os atores iniciam a comunicação com o sistema através dos casos de uso, onde o caso de uso representa uma seqüência de ações executadas pelo sistema e recebe do ator que lhe utiliza dados tangíveis de um tipo ou formato já conhecido, e o valor de resposta da execução de um caso de uso (conteúdo) também já é de um tipo conhecido.

QUADRO 2 – ALGUNS COMPONENTES DO DIAGRAMA DE CASO DE USO.

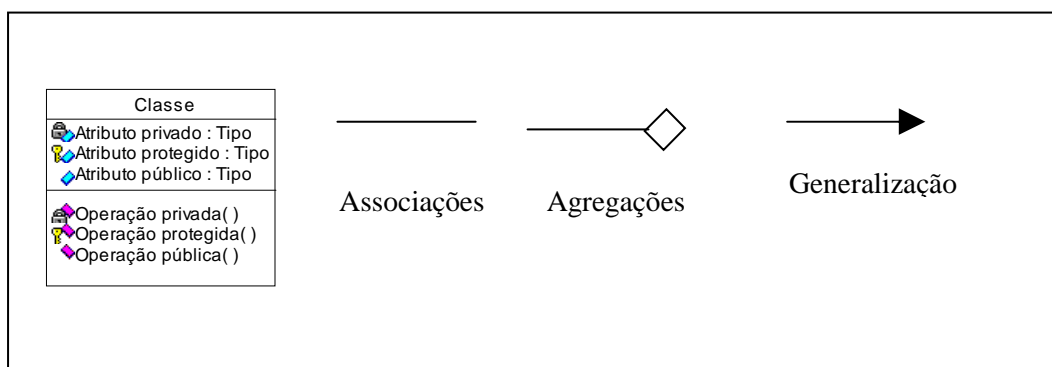


O diagrama de classes demonstra a estrutura lógica estática, mostrando uma coleção de elementos declarativos do modelo. Para compreender seu funcionamento, é necessário definir alguns conceitos de seus componentes (quadro 3), que são relacionados a seguir:

- a) classe: descrição de um ou mais objetos por meio de um conjunto uniforme de atributos e serviços;
- b) atributo: dado (informação de estado) para o qual cada objeto em uma classe tem seu próprio valor determinado;
- c) serviço: lógica para definir algum comportamento, ou seja, procedimentos e operações que um objeto deve possuir para realizar sua finalidade;
- d) associações: relações que descrevem vínculos entre as classes, sendo informada a multiplicidade entre as classes nos limites inferiores e superiores das associações;
- e) agregações: semelhantes as associações, utilizando distinção entre todo e partes;
- f) generalização/especialização (herança): uma classe genérica é dividida em classes mais especializadas.

As classes podem se relacionar com outras através de diversas maneiras, entre elas: associação ou agregação (conectadas entre si) e especialização (uma classe é uma especialização de outra classe). Todos estes relacionamentos citados são mostrados no diagrama de classes juntamente com as suas estruturas internas, que são os atributos e operações de cada classe e suas características.

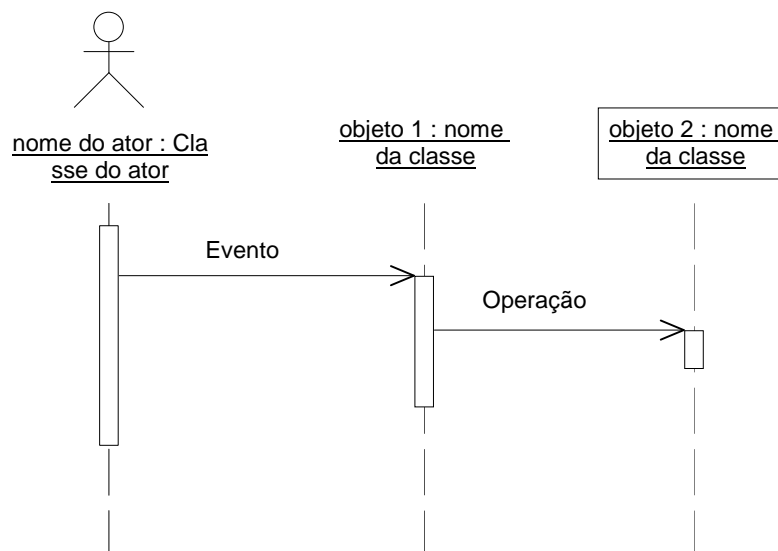
QUADRO 3 – ALGUNS COMPONENTES DO DIAGRAMA DE CLASSES.



O diagrama de seqüência (figura 19), mostra a colaboração dinâmica entre os diversos objetos de um sistema. A grande importância deste diagrama é que, a partir dele pode-se perceber a seqüência de mensagens enviadas entre os objetos. Tem por finalidade mostrar a interação entre os objetos, visualizando alguma coisa que acontecerá em um ponto específico da execução do sistema. O diagrama de seqüência consiste em um número de objetos mostrado em linhas verticais. O decorrer do tempo do sistema é visualizado observando-se o

diagrama no sentido vertical de cima para baixo. As mensagens enviadas por cada objeto são simbolizadas por setas entre estes objetos que se relacionam.

FIGURA 19 – ALGUNS COMPONENTES DO DIAGRAMA DE SEQÜÊNCIA.



4.3 PROGRAMAÇÃO VISUAL

Conforme [CAN96], em uma ferramenta de programação visual como o Delphi, destaca-se o papel do ambiente de programação e interface com o usuário. Possui as características necessárias de orientação a objetos e utiliza a linguagem *Object Pascal*, ou seja, permite ao desenvolvedor programar em linguagens orientadas a objeto. Uma de suas grandes facilidades em programação é poder escrever o código em Delphi, sem saber todos os detalhes da linguagem. Assim sendo, abstrai estes detalhes e torna a implementação mais simples sem a necessidade de conhecimento avançado de programação orientada a objetos.

O suporte a bancos de dados é um considerado um dos recursos mais importantes do ambiente de programação Delphi. A perda de tempo de programadores escrevendo código de acesso a dados é muito grande em muitas linguagens de programação. O Delphi oferece um bom suporte de banco de dados para o desenvolvedor de sistema [CAN96].

De acordo com [OLI96], o desenvolvimento de uma aplicação em Delphi ligada a um banco de dados é muito simples. A aplicação é construída utilizando os próprios recursos do

Delphi (componentes), juntamente com outros utilitários. Quando instala-se o ambiente Delphi, são instalados automaticamente drivers para acesso a banco de dados dBASE e o Paradox.

4.4 BANCO DE DADOS

Para [BOR95], o Paradox é um banco de dados para o armazenamento e gerenciamento das informações. Possui um sistema de gerenciamento de banco de dados que pode ser utilizado em um computador, como também em um sistema de rede. Uma de suas características é o controle do volume crescente de dados. Outras características é a fácil manipulação das informações armazenadas e fácil entendimento do seu sistema.

O Paradox pode ser considerado como um dos mais rápidos, completos e práticos conjunto de banco de dados relacional. Consiste principalmente em atender às diversas necessidades dos usuários quanto ao gerenciamento das informações, podendo usá-lo como um sistema, aonde os dados são organizados dentro de tabelas e definidos relações (ou ligações) entre estas tabelas. Deste modo, pode-se extrair ou até mesmo combinar os dados de diversas tabelas, obtendo uma consulta ampla de informações [BOR95].

5 DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO DE SOFTWARE

Para o desenvolvimento e implementação do protótipo de software, observou-se a necessidade de informatizar o trabalho em uma facção. Sendo assim, especificou-se um problema a ser resolvido visando auxiliar o trabalho desta facção, utilizando os Sistemas Especialistas como o diferencial neste protótipo de software.

A facção ou prestadora de serviço PERANDI, deseja informatizar o controle de serviços prestados às empresas no setor têxtil de Blumenau, como por exemplo a empresa Cia Hering. Ela atende vários clientes (responsáveis pelo modelo) e são feitos vários serviços (talharia, costura, embalagem das peças) e, após o término, são inspecionadas para sua aprovação. Ao prestar serviços, é definido qual o setor a ser realizado (apenas um setor para cada serviço), sendo que o funcionário pode ser transferido do setor dependendo do serviço a ser prestado, ou seja, não existe ligação entre o setor e o funcionário pois a empresa é pequena e trabalha com polivalência. Além disso, são definidos os fluxos de confecção a serem realizados em um serviço, bem como o tempo para a produção de um modelo. Estes fluxos de confecção, também podem servir para a empresa prestadora ter uma noção do tempo para ser realizado o serviço e valor a cobrar do cliente até mesmo por telefone, apenas questionando a este cliente alguns dados do modelo.

Atualmente as peças são controladas por uma ordem de produção (OP) que possui diversos dados como: o cliente, o endereço, o modelo (produto), a quantidade de peças, o prazo e outros mais.

Diariamente o gerente da facção recebe um relatório com as seguintes informações:

Data	Serviço prestado	Modelo	Horas trabalhadas	Peças produzidas	Peças rejeitadas	Valor
-------------	-------------------------	---------------	--------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------

Ao final do mês, a facção efetua o pagamento do salário baseado no valor da hora de cada funcionário com o seu total de horas trabalhadas no mês com os dados: nome, endereço, conta, mês referência e salário.

Existe também um relatório mensal da produção realizada para todos os clientes:

Mês	Serviço	Cliente	Setor	Rejeitados	Horas	Valor
------------	----------------	----------------	--------------	-------------------	--------------	--------------

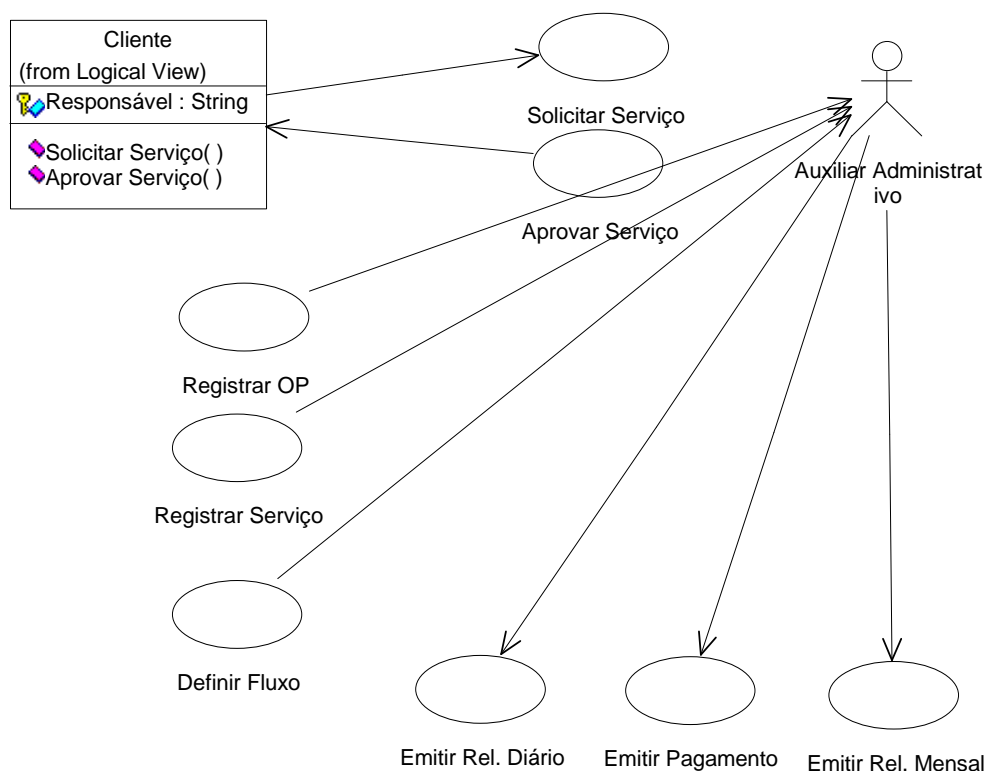
Total Horas Total Valor

5.1 APRESENTAÇÃO DA ESPECIFICAÇÃO

Um dos objetivos do trabalho é demonstrar a utilização da tecnologia de Sistemas Especialistas aplicada na área de produção, mais especificamente no setor de métodos, tempos e processos. Visando utilizar as ferramentas de apoio citadas no capítulo 4, foi definido este problema para ser resolvido, de forma a realizar um trabalho de análise e especificação para posterior implementação. O problema apresentado requer uma aplicação com um uso de um banco de dados para o armazenamento destes dados, bem como a definição de fluxo de confecção através de um Sistema Especialista.

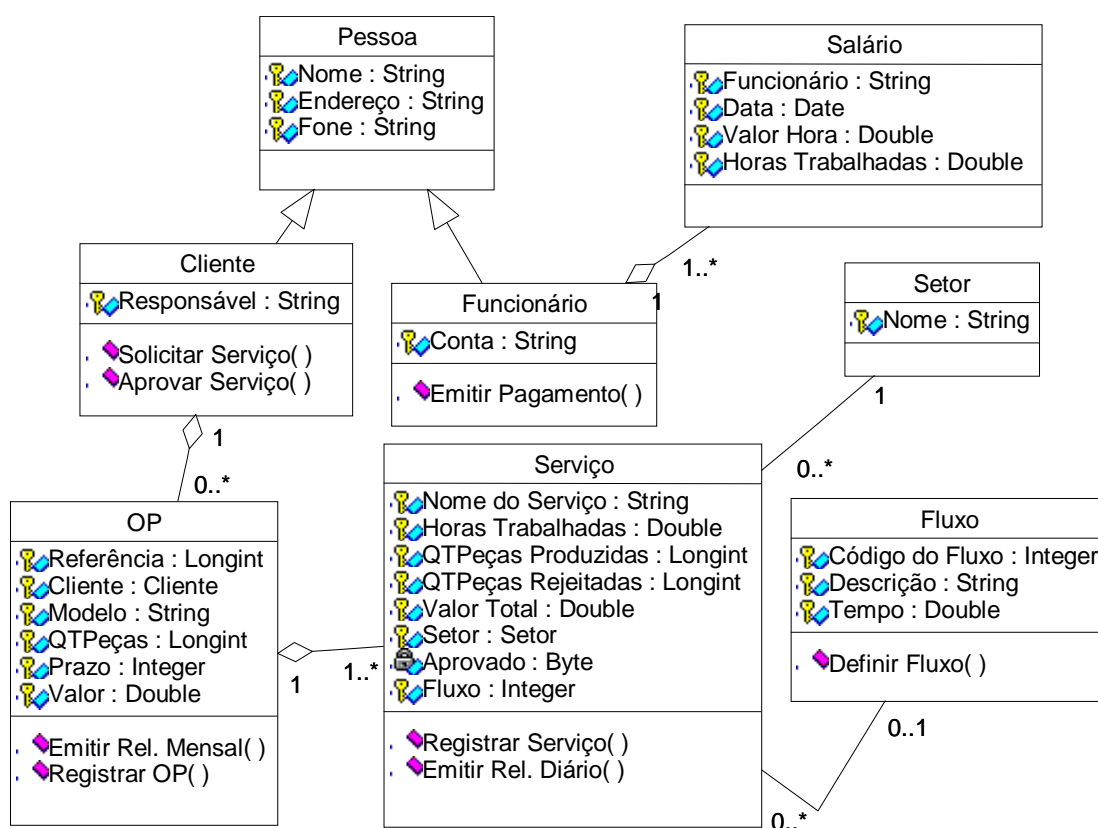
Através da ferramenta Rational Rose, é apresentado a especificação formal do problema utilizando o diagrama de caso de uso (figura 20). Para isto, é necessário saber quais as principais tarefas solicitadas no problema e quem as executará. Para compreender como foi a definição deste diagrama, é preciso questionar quais os atores (cliente e auxiliar administrativo) que realizarão as tarefas do problema, bem como quais as tarefas a serem realizadas, fazendo uma associação entre eles.

FIGURA 20 – DIAGRAMA DE CASO DE USO.



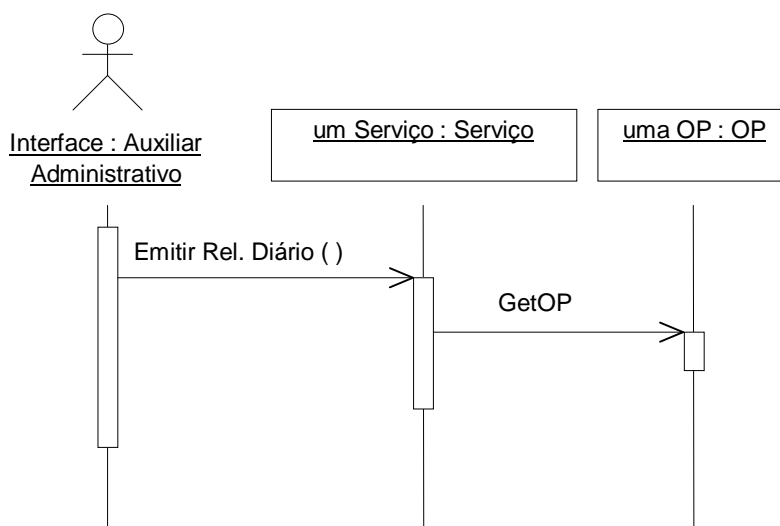
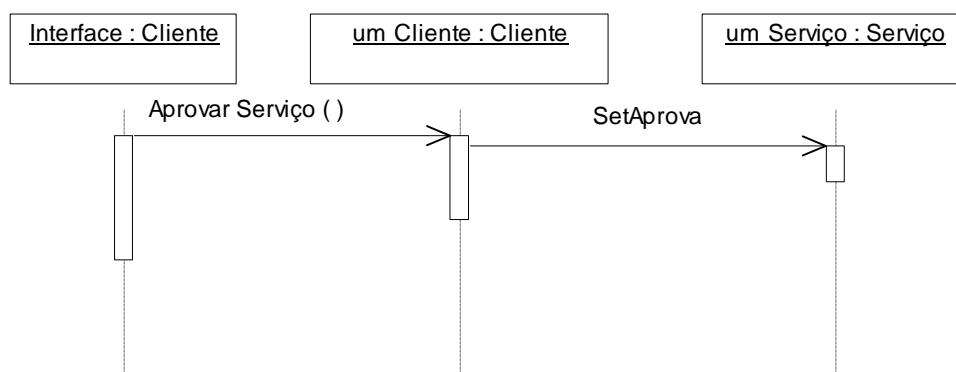
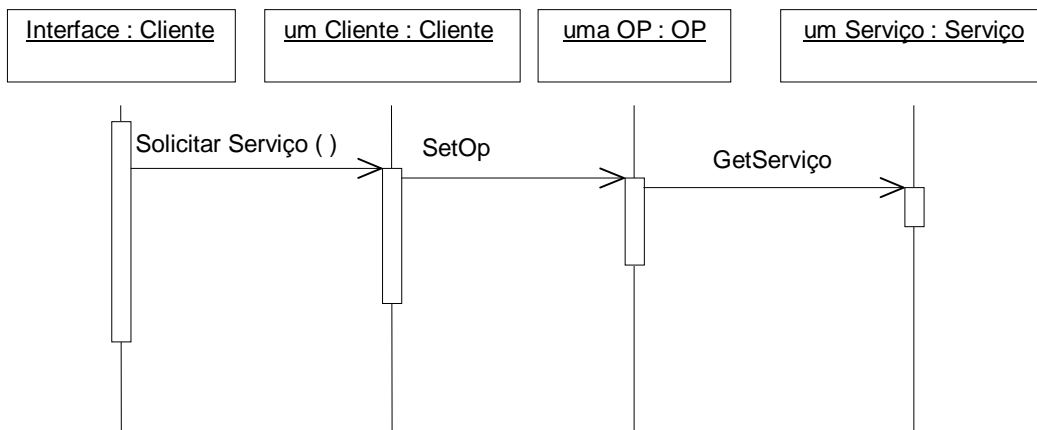
O diagrama de classes apresentado na figura 21, mostra o relacionamento entre as classes. Para compreender como foi definida esta estrutura, deve-se perguntar se é preciso guardar informações de quais tipos de objetos descritos no problema. A partir daí, pergunta-se o que deve guardar para ser usado nos relatórios, como guardar, com quem se relacionam os tipos de objetos e quais as formas dos seus relacionamentos. Deste modo, começa a ter uma noção da implementação a ser realizada.

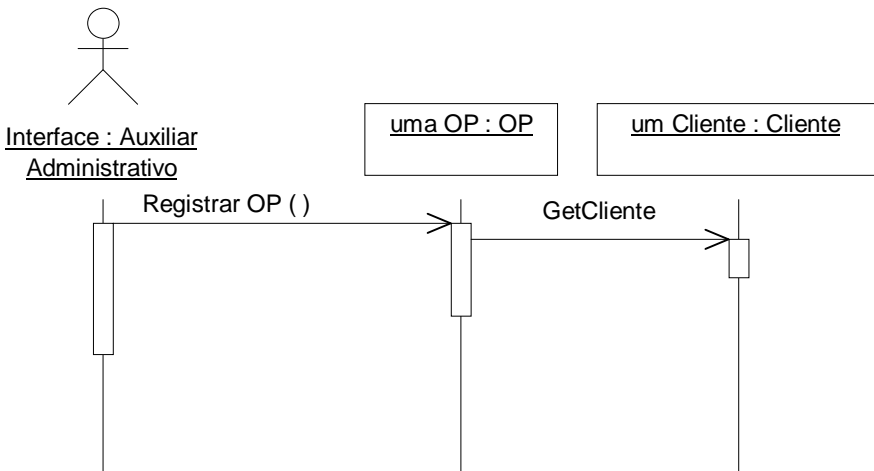
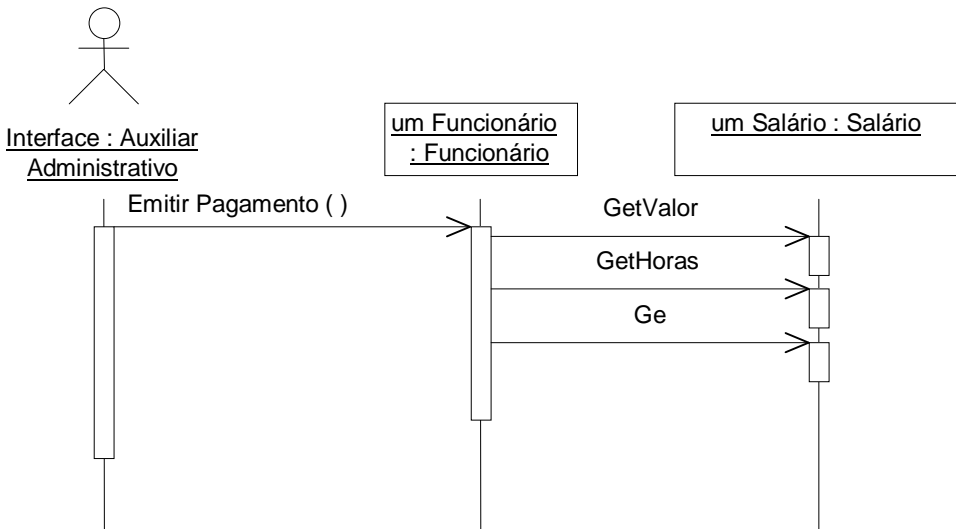
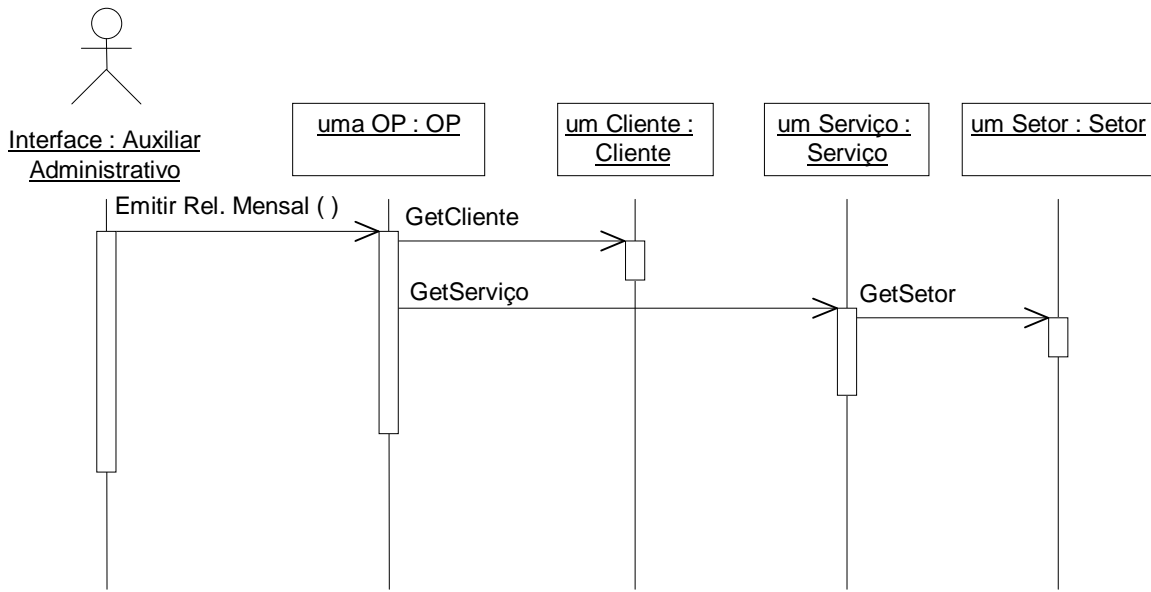
FIGURA 21 – DIAGRAMA DE CLASSES.

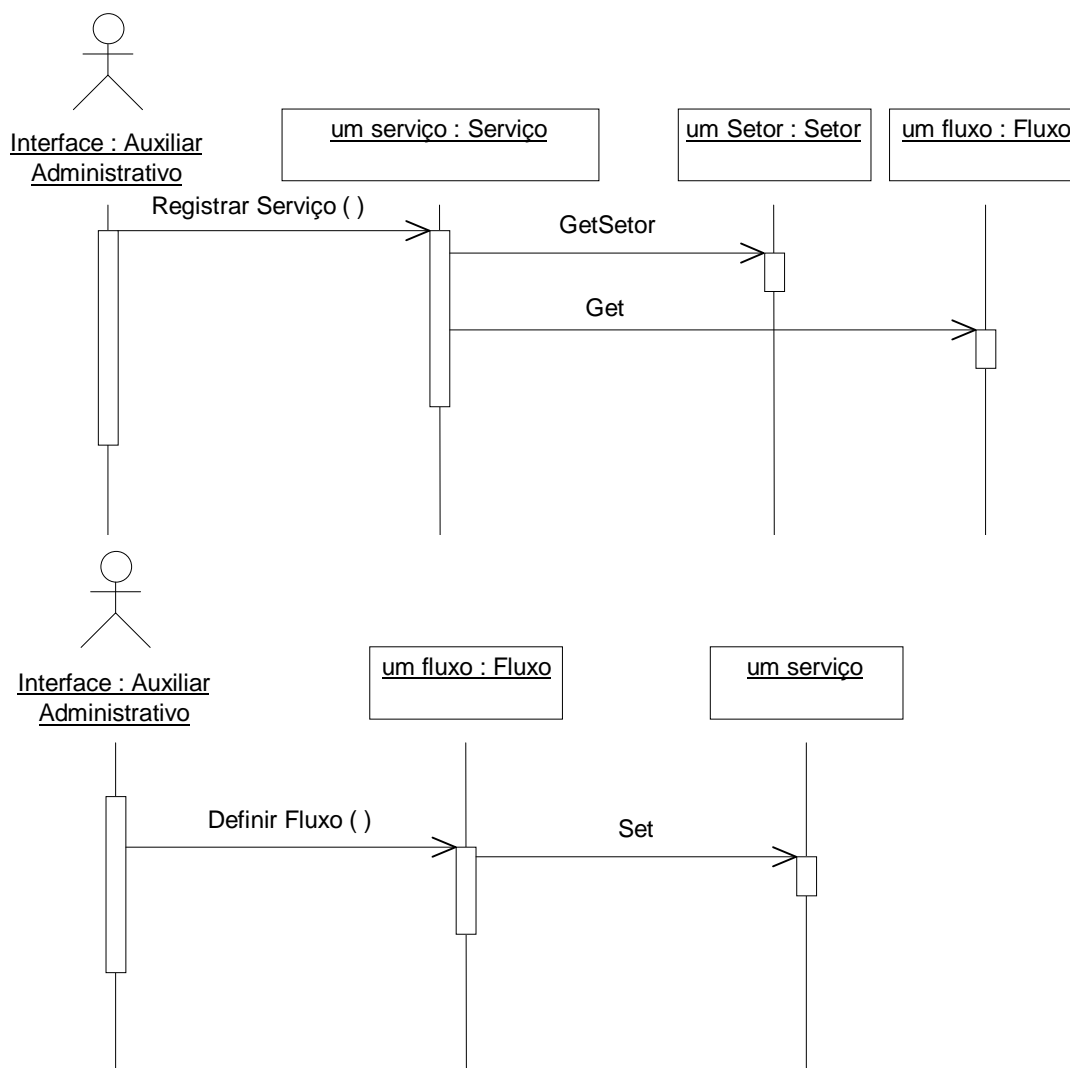


Conforme [BAR98], a ferramenta Rational Rose, dispõe também de diagramas de seqüências (figura 22), que mostram a colaboração dinâmica entre os vários objetos de um sistema. A definição deste diagrama, baseou-se nas operações realizadas pelos atores definidos no diagrama de caso de uso, ou melhor ainda, nas operações definidas no diagrama de classe. Deste modo, segue a relação dos diagramas de seqüência do problema.

FIGURA 22 – DIAGRAMAS DE SEQÜÊNCIA.







Através da ferramenta Rational Rose, pode-se realizar mais facilmente a especificação formal do protótipo de software. Desta maneira, inicia-se o trabalho de implementação no ambiente Delphi (linguagem *Object Pascal*) do protótipo do sistema baseado nos diagramas apresentados, utilizando a programação orientada a objetos.

5.2 IMPLEMENTAÇÃO

A implementação do protótipo de software, visa principalmente apresentar respostas específicas para fluxos de confecção no setor têxtil de Blumenau. Para isso, foram utilizadas uma das técnicas de Sistemas Especialistas, mais especificamente sistema baseado em regras de produção através da ferramenta *Expert SINTA* e os componentes do ambiente Delphi (*Expert SINTA VCL*). Esta aplicação, desenvolve-se na área de confecção têxtil, visando

também auxiliar o trabalho do especialista no ramo. Através do auxílio desse especialista, pode-se armazenar os dados necessários para o desenvolvimento da aplicação.

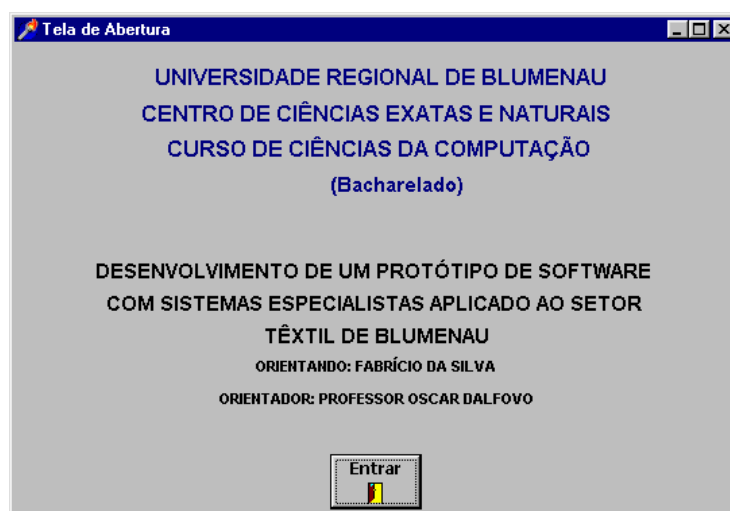
Um dos detalhes mais importantes ocorridos na implementação é o uso do arquivo texto extraído da ferramenta *Expert SINTA Shell*, no ambiente visual Delphi 3.0, ou seja, como deve ser feito o relacionamento entre eles. Desta maneira, a implementação do protótipo de software pôde ser realizada utilizando alguns dos componentes da ferramenta *Expert SINTA VCL* e associando-os ao *TExpertSystem*, conforme explicado no item 3.18.2.

5.3 OPERACIONALIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO

A seguir, será apresentado o funcionamento da implementação do protótipo de software. Nesta apresentação, serão mostradas as telas do sistema, bem como a característica de cada uma delas.

A figura 23 é a primeira tela, sendo apenas uma abertura do sistema, demonstrando a universidade, o centro acadêmico, qual o curso exercido, o objetivo do aluno neste curso, o título do trabalho, o orientando e o orientador. Ao clicar sobre o botão Entrar, abre-se outra tela, desabilitando esta tela de abertura temporariamente, até que a outra tela seja fechada.

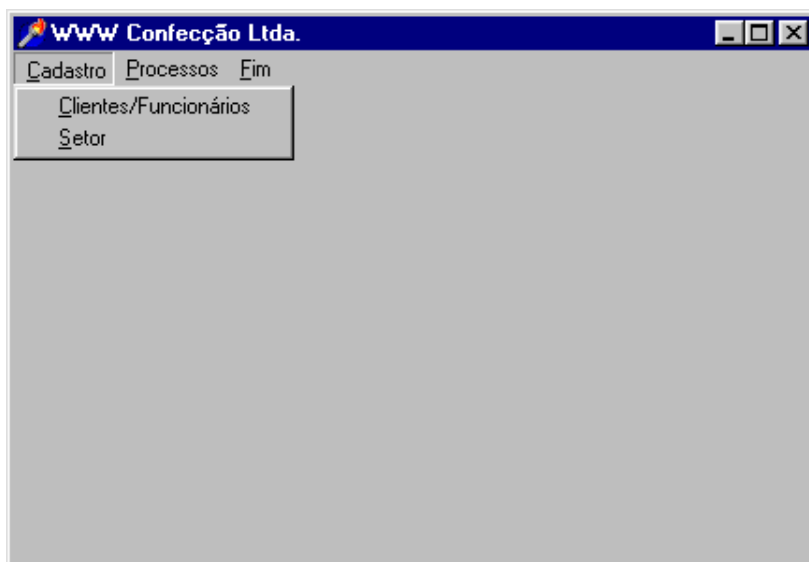
FIGURA 23 – TELA DE ABERTURA.



O protótipo de software, possui uma tela de menus para o usuário, conforme mostrado na figura 24. Esta tela inicial, serve para o usuário definir qual a sua escolha das opções apresentadas e clicar sobre uma delas. O primeiro menu do sistema (Cadastro), tem por

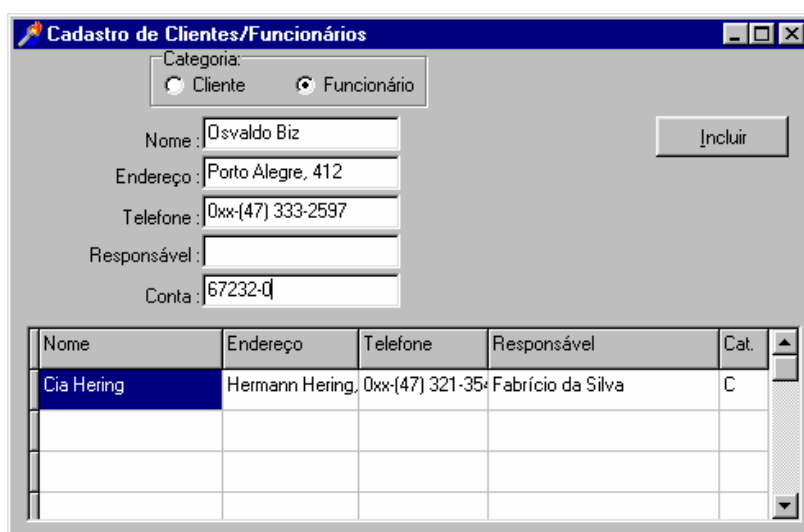
objetivo realizar o cadastro de clientes, funcionários ou setores. O próximo menu (Processos), visa a inclusão das ordens de produção, serviços prestados e a definição de fluxo de confecção. O último menu do sistema (Fim) serve para finalizar a aplicação.

FIGURA 24 – MENU DE OPÇÕES.



Ao entrar na opção Cadastro, aparece a tela de cadastro de clientes ou funcionários, conforme mostrado na figura 25. Esta tela, tem por objetivo a inclusão dos clientes da empresa, bem como seus respectivos responsáveis ou contatos, os funcionários da empresa prestadora de serviços e sua conta corrente para pagamento dos seus salários.

FIGURA 25 – CADASTRO DE CLIENTES OU FUNCIONÁRIOS.



Nome	Endereço	Telefone	Responsável	Cat.
Cia Hering	Hermann Hering, 0xx-(47) 321-354	Fabrício da Silva	C	

Outra função do menu Cadastro é a tela de cadastro de setores, conforme mostrado na figura 26. Esta tela, tem por objetivo apenas a inclusão dos setores na empresa prestadora de serviços. Os setores cadastrados, servem para serem utilizados quando ocorrer a definição do serviço a ser realizado, ou seja, existe apenas um setor para cada serviço realizado, não podendo realizar dois serviços ao mesmo tempo para efeitos de otimização de leiautes.

FIGURA 26 – CADASTRO DE SETORES.

Nome do Setor
Embaladeiras - 01
Embaladeiras - 02
Talhadeiras - 01

Seguindo para a outra opção de menu (Processos), encontram-se as três funções (Ordem de Produção, Serviços e Definição de Fluxo) que podem ser executadas bastando o usuário clicar sobre uma delas. As telas de cada uma são apresentadas a seguir, visando ao usuário compreender suas funções no sistema.

A tela mostrada na figura 27, é utilizada para realização de inclusões de ordens de produção. Nestas ordens estão especificados os diversos dados recebidos do cliente para a produção do produto.

FIGURA 27 – CADASTRO DE ORDENS DE PRODUÇÃO.

Referência	Descrição
8001237	Camisa Adulto

A inclusão dos serviços prestados é realizada conforme a figura 28 pelo usuário do sistema. Nesta tela, são incluídos os dados da produção, ou seja, o cliente solicita uma determinada produção do modelo e, após o serviço prestado, é feito o diagnóstico final realizado pela prestadora.

FIGURA 28 – CADASTRO DE SERVIÇOS.

A imagem mostra a interface de usuário do sistema 'Cadastro de Serviços'. O formulário contém os seguintes campos:

- Serviço: Costurar peças
- Horas Trabalhadas: 17
- Quantidade Produzida: 19000
- Quantidade Rejeitada: 237
- Total: 985,59
- Setor: Costureiras
- Fluxo: 001

Um botão 'Incluir' está localizado à direita dos campos de entrada. Abaixo, há uma lista de serviços com 'Lavar peças' selecionado.

Serviços
Lavar peças
Embalar peças

A última função do sistema, consiste em definir um fluxo de confecção para o modelo apresentado pelo cliente. Esta definição utiliza os conceitos de Sistemas Especialistas, mais especificamente a técnica de regras de produção. A partir deste momento, o sistema irá realizar uma seqüência de perguntas ao usuário, que deve responder clicando sobre uma das opções de cada quadro na tela, conforme a figura 29.

Uma das características desta função é que pode retornar às telas anteriores. O usuário pode ir para frente ou para trás nas perguntas, utilizando-se de um dos botões << (para trás) e >> (para frente) apenas quando estão habilitados, sendo que no final é habilitado o botão de consulta do Sistema Especialista.

O usuário responde as perguntas, clicando sobre cada uma delas, sendo que estas perguntas estão acima de cada quadro com mais de uma alternativa. Contudo, sendo as perguntas realizadas de uma forma genérica, ou seja, para todos os tipos de modelos descritos no sistema, algumas destas perguntas não necessitam ser respondidas, desde que não tenham relacionamento nenhum com a definição de fluxo. Um exemplo a ser apresentado é a primeira

pergunta referente ao tipo de modelo na figura 29. Neste exemplo, caso o modelo seja uma calça, não é necessário responder a pergunta referente ao tipo de mangas.

FIGURA 29 – TELA DE INFORMAÇÕES SOBRE OS DADOS DO MODELO.

Na tela demonstrada na figura 30, são informados quais as características deste modelo. O usuário define estas características, sendo que já pode voltar à tela anterior, ou seja, a figura 29, utilizando primeiro botão (<<) para consultar ou até mesmo alterar o que já foi definido.

FIGURA 30 – TELA DE CARACTERÍSTICAS DO MODELO.

A seguir, aparece a próxima tela para os dados adicionais do modelo, conforme a figura 31. Pode ser incluída outras informações adicionais que não foram questionadas pelo sistema. Observa-se que o botão Consultar já aparece habilitado, onde o sistema irá diagnosticar o fluxo ideal, bem como o tempo para a sua execução.

FIGURA 31 – TELA DE INFORMAÇÕES ADICIONAIS DO MODELO.

A tela a seguir apresentada na figura 32, são mostrados os resultados obtidos através das informações dadas pelo usuário. Estes resultados obtidos, provém do uso da técnica de Sistemas Especialistas, mais especificamente Sistemas Especialistas baseados em regras de produção, chegando a esta conclusão através das inferências realizadas em cada consulta de um quadro.

Na figura 32, as informações geradas pela consulta e apresentadas nesta tela são diversas. No quadro a direita são informados: o roteiro ou fluxo de confecção a ser executado, o tempo padrão de cada operação, o tempo total padrão e a capacidade de produção de peças por turno (divisão de 480 minutos, ou seja, a carga de trabalho diária pelo tempo padrão). Estas informações foram acessadas no banco de dados através do resultado obtido pelo quadro à esquerda. A compreensão dos resultados dos itens indicados na parte de baixo da figura 32 (resultados, histórico, todos os valores e o sistema), são descritos no item 3.17 deste trabalho e apresentados nas figuras seguintes (figura 33 à 35).

FIGURA 32 – TELA DE COMPREENSÃO DOS RESULTADOS ATINGIDOS.

Valor	CNF (%)	
1	100	

1 10 FECHAR OMBROS 0,3402
 1 20 FECHAR LADOS 0,6209
 1 30 PREGAR GOLTA COM ETIQUETA 0,7572
 1 40 FAZER BAINHA NAS CAVAS 1,5373
 1 50 FAZER BAINHA NA BARRA 0,4096
 1 60 REVISAR FINAL DA PEÇA PRONTA 0,5828
 Tempo Total > 4,248
 Capacidade peças por turno 112.9944

Resultados / Histórico / Todos os valores / O sistema /

FIGURA 33 – DEMONSTRAÇÃO DO CAMINHO REALIZADO PELO SISTEMA ESPECIALISTA.

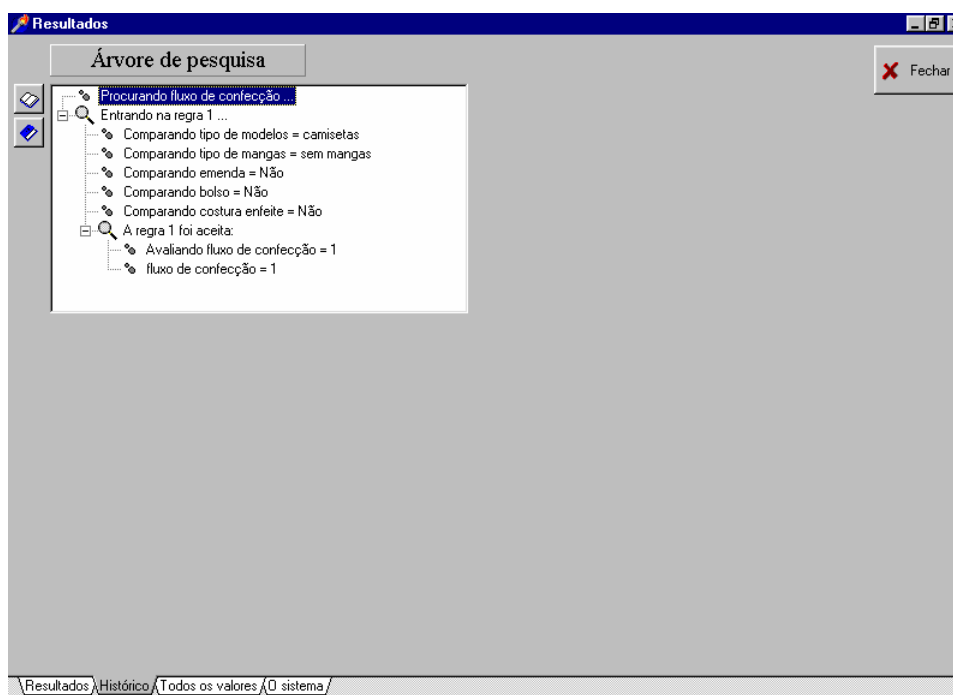


FIGURA 34 – DEMONSTRAÇÃO DAS VARIÁVEIS E SEUS VALORES.

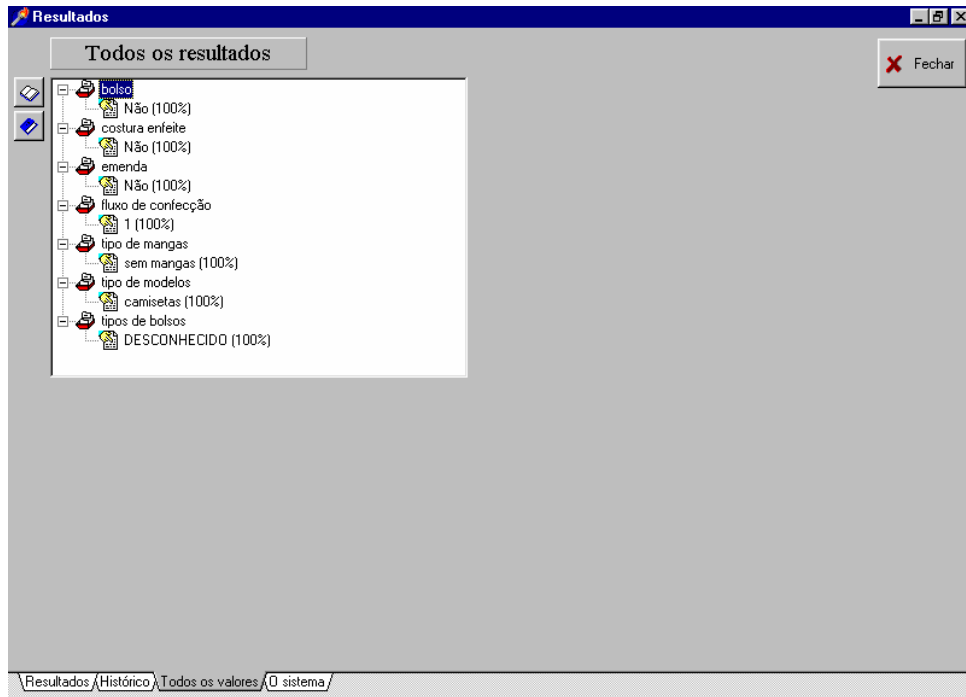
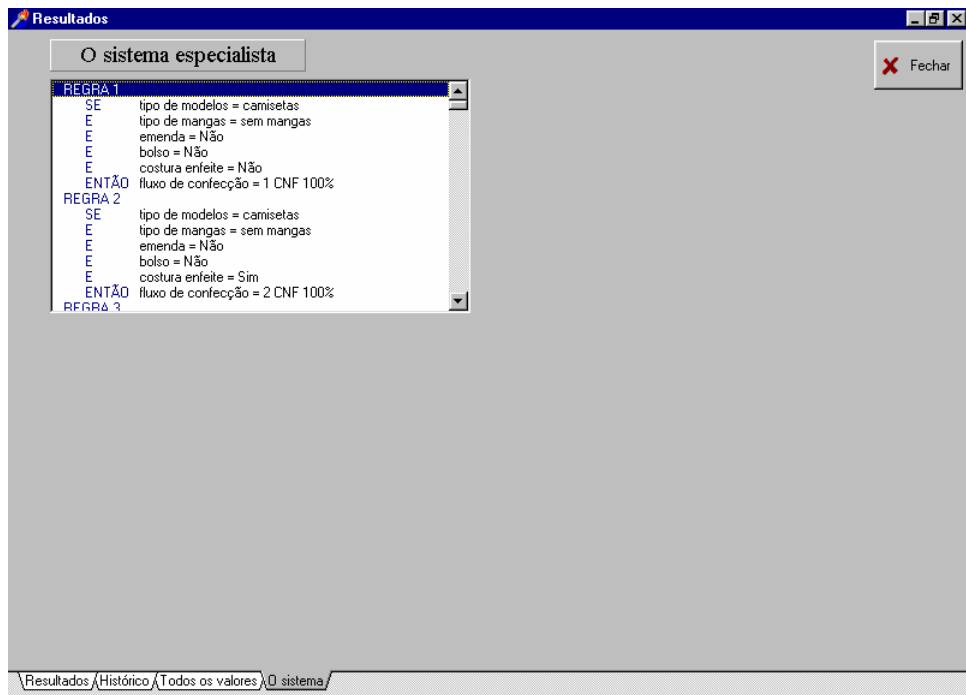


FIGURA 35 – DEMONSTRAÇÃO DAS REGRAS DO SISTEMA ESPECIALISTA.



Após o fechamento desta tela, que deve ser realizado clicando sobre o botão Fechar, é finalizado a consulta, aparecendo uma mensagem ao usuário. Deste modo, pode ser iniciado novamente a consulta de outro fluxo ideal, voltando o sistema à figura 29. As respostas feitas anteriormente para cada pergunta permanecem marcadas, dando oportunidade de alterá-las caso desejar.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho, permitiu um breve estudo sobre Sistemas Especialistas, sua importância no mercado de trabalho, conceitos, abordagem histórica e características principais. Permitiu também um estudo mais aprofundado dos aspectos relacionados a técnica de regras de produção. Além disso, a técnica baseada em regras de produção mostrou-se adequada, pois permitiu representar o conhecimento necessário na elaboração da base de conhecimentos em uma aplicação no setor têxtil. Algumas ferramentas para desenvolvimento dos Sistemas Especialistas, preconizados pela maioria dos autores foram abordados, bem como as ferramentas de apoio à implementação do protótipo de software.

Na utilização da linguagem orientada a objetos, vê-se que os sistemas podem tornar-se flexíveis a mudanças. Além disso, possuem suas estruturas bem conhecidas e provêm também a oportunidade de criação e implementação de tipos abstratos de dados totalmente reutilizáveis. Uma das características interessantes foi a independência das unidades de programação em relação à interface, podendo realizar as devidas mudanças sem afetar a interface ao usuário.

O ambiente visual Delphi, que utiliza a linguagem pascal orientado a objeto, foi de fácil entendimento, não necessitando um estudo aprofundado sobre esta linguagem. Devido à utilização dos componentes do *Expert SINTA VCL* incluídos neste ambiente visual Delphi, foi importante realizar um estudo apenas nestes componentes. Este estudo, contribuiu para a realização deste trabalho, como também da própria ferramenta *Expert SINTA Shell*.

Ao comparar uma consulta realizada pela ferramenta *Expert SINTA Shell*, percebeu-se que o usuário necessitava responder até 6 (seis) perguntas, uma de cada vez para receber o diagnóstico do Sistema Especialista. Isto tornava-se cansativo, pois para cada pergunta realizada aparecia apenas uma tela. Além disso, não tinha relacionamento nenhum com um banco de dados para buscar ou guardar quaisquer informações, nem mesmo retornar a uma pergunta anterior, sendo muito restritivo. Com o uso dos componentes do *Expert SINTA VCL* incorporados ao ambiente Delphi, pode-se realizar mais de uma pergunta em uma mesma tela, além de poder retornar para alterar esta consulta, guardar, buscar e alterar quaisquer informações. As informações referentes ao processo do Sistema Especialista não podem ser

alteradas. Assim sendo, as mesmas perguntas podem ser respondidas em apenas 3 (três) telas, além de poder retornar a cada uma delas para alterações.

O uso de um banco de dados Paradox é muito proveitoso para a utilização neste trabalho. Não requer manipulações consideradas complexas, ou seja, com grande quantidade de informações e integrações ou vínculos entre tabelas. Desta maneira, serve apenas para o armazenamento dos dados, não exigindo muito as funções de manipulação dos dados armazenados, além de ser uma ferramenta acompanhada pelo ambiente Delphi na sua instalação.

O objetivo principal do trabalho foi demonstrar a utilização dos Sistemas Especialistas baseado na técnica de regras de produção aplicada no setor têxtil de Blumenau, com a finalidade de avaliar qual o fluxo ideal para a confecção dos modelos. A aplicação, dentro do domínio de conhecimento para o qual foi projetado, e das propostas iniciais, resolveu de maneira satisfatória os objetivos pretendidos.

Esta aplicação demonstrou a possibilidade da utilização de Sistemas Especialistas na área têxtil, auxiliando na determinação do fluxo de confecção sem o uso de um especialista humano. Com essa aplicação, este especialista humano poderia estar algumas vezes liberado para desempenhar outras funções na empresa ou então contribuir para o melhoramento do sistema. Além disso, é importante padronizar os fluxos de confecção e formalizar seu conhecimento de anos de trabalho, contribuindo para o aprendizado de outras pessoas neste ramo.

6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de métodos, tempos e processos foi realizado visando apenas incorporar à entrevista realizada ao especialista desta área. Com isso, pôde ser formalizado o conhecimento do especialista e aplicando nas ferramentas para a implementação. Não houve a necessidade de aprofundar-se no estudo de métodos, tempos e processos, mostrando apenas uma definição para o entendimento no sistema, nem mesmo qual a melhor maneira de formalizar o conhecimento do especialista.

Não foram utilizadas algumas das opções disponíveis das ferramentas *Expert SINTA Shell* e *Expert SINTA VCL*. Também não foram aprofundados os estudos das ferramentas e

técnicas de apoio à implementação do sistema. Isto porque o objetivo principal não era aprofundar-se a elas, mas sim mostrar apenas o necessário para o desenvolvimento deste trabalho.

A implementação do protótipo limitou-se apenas ao uso do Sistema Especialista utilizando as regras de produção criadas com a ferramenta *Expert SINTA*, sem o uso de manipulações numéricas e tratamento de incerteza. Além disso, foi usado um banco de dados para buscar outros dados relevantes (seqüência do fluxo e tempo padrão total), sendo que a relação entre eles é feito através do resultado deste Sistema Especialista. Outros dados cadastrados pelo usuário, como o cadastro dos clientes, serviços e outros são armazenados apenas na memória do computador, sendo que este protótipo é de nível acadêmico e não para fins comerciais.

6.2 EXTENSÕES

Para que este trabalho tenha continuidade, sugere-se um aprofundamento na área de métodos, tempos e processos, bem como a confecção. Sendo o conhecimento da área de confecção muito abrangente, com diversas variáveis, pode-se realizar outros fluxos através do uso das regras de produção, entrevistas a outros especialistas ou então consulta em livros. Além disso, poderia ser incluído outros fluxos de produção relacionados ao setor têxtil, bem como a embalagem, por exemplo. Poderia também incluir valores numéricos, manipulando as regras com estes valores, podendo até mesmo efetuar cálculos dentro destas regras.

Pode-se utilizar outras técnicas de Sistemas Especialistas, ou então outras ferramentas que utilizam estas técnicas, fazendo uma comparação entre elas. Sendo o uso de Sistemas Especialistas muito amplo, não necessita estar restrito apenas a uma área têxtil, podendo ser realizado também em outras áreas, como por exemplo a área fabril.

A utilização destas ferramentas de apoio também podem ser alteradas. Poderiam ser utilizadas outras ferramentas ou técnicas e comparar com as existentes, utilizando outros ambientes de desenvolvimento da aplicação e realizando relatórios diversos através dos Sistemas Especialistas. Poderiam ser geradas outras linguagens, utilizando até mesmo as ferramentas CASE e realizando um estudo sobre elas ou a utilização de bancos de dados

diferentes deste trabalho, fazendo diversos acessos e manipulações. Uma utilização de Sistemas Especialistas através da internet também pode ser viável em um trabalho acadêmico.

ANEXO 1 – BASE DE CONHECIMENTO DO *EXPERT* SINTA *SHELL*

SOBRE O SISTEMA ESPECIALISTA

Nome: Fluxo de confecção têxtil.

Autores: Fabrício da Silva.

Resumo.

Este sistema permite realizar uma consulta visando determinar o fluxo de confecção têxtil. Para isso, compara os dados do modelo com as informações contidas na base de conhecimento.

Operador de maior precedência: Conjunção.

Fator de confiança mínimo para aceitação de regra: 50.

As premissas devem ser avaliadas por completo.

SOBRE OS ARQUIVOS

Arquivo original:

O sistema não possui recursos de ajuda.

VARIÁVEIS:

- a) bolso (univalorada);
- b) costura enfeite (univalorada);
- c) emenda (univalorada);
- d) fluxo de confecção: 1;100 (numérica);
- e) tipo de mangas: manga longa, sem mangas, meia manga, com alças (univalorada);
- f) tipo de modelos: casaco (cardigã/parka), colete, camisete, conjunto, camisa pólo, cueca, jaqueta, camisetas, macaquinho, calcinha, miniblusa, blusão polo, pijama,

blusa pólo, saia longa, salopete, vestido, blusa, camisola, ceroula, regata, conjunto pagão, camisa com colarinho, corpete, bermudas, cueca samba canção, jardineira, calça, macacão, blusão, minissaia, saia, saia calça e short (univalorada);

g) tipos de bolsos: canguru, vincado (univalorada).

OBJETIVOS:

h) fluxo de confecção.

REGRAS

QUADRO 4 – RELAÇÃO DE REGRAS EXTRAÍDAS DA FERRAMENTA *EXPERT* SINTA *SHELL*.

Regra 1
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = sem mangas
E emenda = Não
E bolso = Não
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 1 CNF 100%;
Regra 2
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = sem mangas
E emenda = Não
E bolso = Não
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 2 CNF 100%;
Regra 3
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = sem mangas
E emenda = Não
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = canguru
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 3 CNF 100%
Regra 4
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = sem mangas
E emenda = Não
E bolso = Sim

E tipos de bolsos = vincado
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 4 CNF 100%
Regra 5
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = sem mangas
E emenda = Não
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = canguru
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 5 CNF 100%
Regra 6
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = sem mangas
E emenda = Não
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = vincado
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 6 CNF 100%
Regra 7
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = sem mangas
E emenda = Sim
E bolso = Não
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 7 CNF 100%
Regra 8
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = sem mangas
E emenda = Sim
E bolso = Não
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 8 CNF 100%
Regra 9
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = sem mangas
E emenda = Sim
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = canguru
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 9 CNF 100%

Regra 10
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = sem mangas
E emenda = Sim
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = vincado
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 10 CNF 100%
Regra 11
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = sem mangas
E emenda = Sim
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = canguru
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 11 CNF 100%
Regra 12
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = sem mangas
E emenda = Sim
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = vincado
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 11 CNF 100%
Regra 13
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = meia manga
E emenda = Não
E bolso = Não
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 13 CNF 100%
Regra 14
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = meia manga
E emenda = Não
E bolso = Não
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 14 CNF 100%
Regra 15
SE tipo de modelos = camisetas

E tipo de mangas = meia manga
E emenda = Não
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = canguru
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 15 CNF 100%
Regra 16
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = meia manga
E emenda = Não
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = vincado
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 16 CNF 100%
Regra 17
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = meia manga
E emenda = Não
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = canguru
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 17 CNF 100%
Regra 18
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = meia manga
E emenda = Não
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = vincado
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 18 CNF 100%
Regra 19
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = meia manga
E emenda = Sim
E bolso = Não
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 19 CNF 100%
Regra 20
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = meia manga
E emenda = Sim

E bolso = Não
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 20 CNF 100%
Regra 21
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = meia manga
E emenda = Sim
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = canguru
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 21 CNF 100%
Regra 22
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = meia manga
E emenda = Sim
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = vincado
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 22 CNF 100%
Regra 23
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = meia manga
E emenda = Sim
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = canguru
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 23 CNF 100%
Regra 24
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = meia manga
E emenda = Sim
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = vincado
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 24 CNF 100%
Regra 25
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = manga longa
E emenda = Não
E bolso = Não
E costura enfeite = Não

ENTÃO fluxo de confecção = 25 CNF 100%
Regra 26
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = manga longa
E emenda = Não
E bolso = Não
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 26 CNF 100%
Regra 27
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = manga longa
E emenda = Não
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = canguru
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 27 CNF 100%
Regra 28
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = manga longa
E emenda = Não
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = vincado
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 28 CNF 100%
Regra 29
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = manga longa
E emenda = Não
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = canguru
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 29 CNF 100%
Regra 30
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = manga longa
E emenda = Não
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = vincado
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 30 CNF 100%

Regra 31
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = manga longa
E emenda = Sim
E bolso = Não
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 31 CNF 100%
Regra 32
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = manga longa
E emenda = Sim
E bolso = Não
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 32 CNF 100%
Regra 33
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = manga longa
E emenda = Sim
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = canguru
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 33 CNF 100%
Regra 34
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = manga longa
E emenda = Sim
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = vincado
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 34 CNF 100%
Regra 35
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = manga longa
E emenda = Sim
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = canguru
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 35 CNF 100%
Regra 36
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = manga longa

E emenda = Sim
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = vincado
E costura enfeite = Sim
ENTÃO fluxo de confecção = 36 CNF 100%
Regra 37
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = com alças
E emenda = Não
E bolso = Não
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 37 CNF 100%
Regra 38
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = com alças
E emenda = Não
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = canguru
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 39 CNF 100%
Regra 39
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = com alças
E emenda = Não
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = vincado
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 40 CNF 100%
Regra 40
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = com alças
E emenda = Sim
E bolso = Não
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 43 CNF 100%
Regra 41
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = com alças
E emenda = Sim
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = canguru

E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 45 CNF 100%
Regra 42
SE tipo de modelos = camisetas
E tipo de mangas = com alças
E emenda = Sim
E bolso = Sim
E tipos de bolsos = vincado
E costura enfeite = Não
ENTÃO fluxo de confecção = 46 CNF 100%

PERGUNTAS

"Tem bolso ?"

"Tem costura enfeite ?"

"Tem emendas ?"

"Qual o modelo da camisa ?"

"Qual o tipo de modelo ?"

"Qual o tipo de bolso ?"

ANEXO 2 – CÓDIGOS DAS VARIÁVEIS DO *EXPERT* SINTA *SHELL*

CÓDIGOS INTERNOS DA BASE DE CONHECIMENTO

Variáveis - CÓDIGO, NOME:

- a) 1, tipo de mangas;
- b) 3, emenda;
- c) 5, bolso;
- d) 7, fluxo de confecção;
- e) 12, tipo de modelos;
- f) 13, tipos de bolsos;
- g) 15, costura enfeite.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [BAR77] BARNES, Ralph M. **Estudo de movimentos e de tempos**. São Paulo : Edgard Blucher, 1977.
- [BAR98] BARROS, Pablo Fernando do Rêgo. **UML: linguagem de modelagem unificada**. Endereço eletrônico: <http://www.eribeiro.com.br/pablo/uml>, 1998.
- [BOR95] BORLAND INTERNATIONAL INC. **Paradox para windows – primeiros passos**. Scotts Valley : Borland, 1995.
- [CAN96] CANTU, Marco. **Dominando o delphi**. São Paulo : Makron Books, 1996.
- [COX91] COX, Brad J. : **Programação orientada para objeto**. São Paulo : Makron Books, 1991.
- [CUN99] CUNHA, Fernanda dos Santos. **Um sistema especialista para previdência privada**. Endereço eletrônico: <http://www.eps.ufsc.br/disserta/cunha/>, 1999.
- [DAL98] DALFOVO, Oscar. **Desenho de um modelo de sistemas de informação**. Blumenau, 1998. Dissertação (mestrado em Administração de Negócios) – Centro de Ciências Sociais e Aplicadas, Universidade Regional de Blumenau.
- [FIS90] FISHER, Alan S. **Case: utilização de ferramentas para desenvolvimento de software**. Rio de Janeiro : Campus, 1990.
- [GEN87] GENARO, Sérgio. **Sistemas especialistas: o conhecimento artificial**. Rio de Janeiro : LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1987.
- [HEI95] HEINZLE, Roberto. **Protótipo de uma ferramenta para criação de sistemas especialistas baseados em regras de produção**. Florianópolis, 1995. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Setor de

Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.

- [LIA99] LIA, Laboratório de Inteligência Artificial. **Expert SINTA: uma ferramenta para criação de sistemas especialistas.** Endereço eletrônico: <http://www.lia.ufc.br>, 1999.
- [LIM99] LIMA, Cynthia Moreira. **Introdução à inteligência artificial** Endereço eletrônico: <http://www.elo.com.br/~cynthia/>, 1999.
- [MAR96] MARTIN, James. **Análise e projeto orientados a objeto.** São Paulo : Makron Books, 1996.
- [MUN66] MUNDEL, Marvin Everett. **Estudo de movimentos e tempos : princípios e prática.** São Paulo : Mestre Jou, 1966.
- [OLI96] OLIVEIRA, Adelize Generini de. **Manipulando banco de dados com delphi.** Florianópolis : Bookstore, 1996.
- [PAS89] PASSOS, Emmanuel Lopes. **Inteligencia artificial e sistemas especialistas ao alcance de todos.** Rio de Janeiro : Livros Tecnicos e Cientificos, 1989.
- [RAB95] RABUSKE, Renato Antônio. **Inteligência artificial.** Florianópolis: Editora da UFSC, 1995.
- [RIB87] RIBEIRO , Horácio da Cunha e Souza. **Introdução aos sistemas especialistas.** São Paulo : LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1987.
- [WAT86] WATERMAN, Donald Arthur. **A guide to expert systems.** Reading, Mass : Addison-Wesley, 1986.
- [WEI88] WEISS, Sholom M. **Guia prático para projetar sistemas especialistas.** São Paulo : Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. , 1988.
- [WID98] WIDMAN, Lawrence E. **Sistemas especialistas em medicina.** Endereço eletrônico: <http://www.epub.org.br/informaticamedica/n0105/widman.htm>, 1998.