



Governo do Estado de São Paulo
Universidade Estadual Paulista

FACULDADE DE ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ
ESPECIALIZAÇÃO EM INFORMÁTICA EMPRESARIAL

***UM SISTEMA ESPECIALISTA EM ORÇAMENTO PARA UMA EMPRESA
DE FUNDIÇÃO DE AÇO***

José Luiz Elisei

Renato Ostellino

GUARATINGUETÁ – SP
BRASIL

***UM SISTEMA ESPECIALISTA EM ORÇAMENTO PARA UMA EMPRESA
DE FUNDIÇÃO DE AÇO***

José Luiz Elisei

Renato Ostellino

Monografia apresentada no à Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista – Campus de Guaratinguetá, como parte dos requisitos para obtenção do certificado de Especialista em Informática Empresarial.

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz França Senne

GUARATINGUETÁ – SP

2003

Elisei, José Luiz

E43s Um sistema especialista em orçamento para uma empresa de fundição de aço / José Luiz Elisei, Renato Ostellino. –Guaratinguetá : [s.n.], 2003
74 f.: il.

Bibliografia: f. 51

Inclui apêndice

Monografia de Especialização em Informática Empresarial –
Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de
Guaratinguetá, 2003

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz França Senne

1. Inteligência artificial 2. Ostellino, Renato I. Título

CDU 007.52



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

“UM SISTEMA ESPECIALISTA EM ORÇAMENTO PARA UMA EMPRESA
DE FUNDIÇÃO DE AÇO”

JOSÉ LUIZ ELISEI

RENATO OSTELLINO

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE “ESPECIALISTA EM INFORMÁTICA EMPRESARIAL”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CURSO DE
ESPECIALIZAÇÃO EM INFORMÁTICA EMPRESARIAL



Prof. Dr. Edson Luiz França Senne
Coordenador

Banca Examinadora:



Prof. EDSON LUIZ FRANÇA SENNE
Orientador



Prof. EDGARD DIAS BATISTA JÚNIOR



Prof. TEÓFILO MIGUEL DE SOUZA

Abril de 2003

DADOS CURRICULARES

JOSÉ LUIZ ELISEI

Nascimento	29/03/1965 – Cruzeiro – SP
Filiação	Hilda Prudente Elisei Luiz Elisei
1987	Tecnologia em Informática Universidade de Taubaté

RENATO OSTELLINO

Nascimento	11/09/1973 – São Paulo – SP
Filiação	Margarida do Amaral Ostellino Romeu Ostellino
1999	Engenharia Metalúrgica Plena Faculdade de Engenharia Industrial

AGRADECIMENTOS

Não podemos deixar de agradecer nossos familiares, que sempre foram extremamente compreensíveis quando precisamos sacrificar finais de semana a fim de concluir o trabalho.

Também não podemos deixar de agradecer uma pessoa que muito nos ajudou neste trabalho, o nosso orientador Prof. Dr. Edson Luiz França Senne, que despendeu uma parte de seu tempo para nos auxiliar e nos concedeu o privilégio de conhecer melhor a excepcional figura humana que é, além de ser um ótimo professor e detentor de um enorme conhecimento técnico.

ELISEI, J.L.; OSTELLINO, R. UM SISTEMA ESPECIALISTA EM ORÇAMENTO PARA UMA EMPRESA DE FUNDIÇÃO DE AÇO. Guaratinguetá, 2003, 74p. Monografia (Especialização em Informática Empresarial) – Faculdade de Engenharia, Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista.

Resumo

Com o objetivo de atender as solicitações de orçamentos dos clientes de uma empresa de fundição de aço, o presente trabalho apresenta um sistema especialista em orçamento que vem sanar uma série de falhas encontradas neste processo. O primeiro deles é a lentidão na geração do orçamento, pois todo serviço atualmente é feito de forma manual. O segundo está no fato que grande parte das informações está na cabeça das pessoas, não havendo documentação. O terceiro é que praticamente não há como gerar relatórios gerenciais uma vez que todo o processo é manual. Para fazer essa implementação concluiu-se que é importante deixar a área comercial com maior responsabilidade sobre os orçamentos solicitados por seus clientes e direcionar a área de processo para a geração da base de dados a ser usada. A característica de ter um profissional especializado no centro do processo com o controle de toda a informação levou ao uso técnicas de desenvolvimento de um Sistema Especialista. Para sua implementação, foi usado um *shell* gerador de Sistemas Especialistas, o CLIPS, e para a interface com o usuário, a linguagem de programação INFORMIX-4GL, nativa do banco de dados INFORMIX.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas Especialistas, Inteligência Artificial, Orçamento, Fundição de aço

ELISEI, J.L.; OSTELLINO, R. AN EXPERT SYSTEM IN BUDGET FOR A STEEL FOUNDRY COMPANY. Guaratinguetá, 2003, 74p. Monografia (Especialização em Informática Empresarial) – Faculdade de Engenharia, Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista.

Abstract

This work presents an expert system in budget for a steel foundry company. This system has been developed in order to assist the requests of the customers and to solve a series of problems found in this process. The first of them is the slowness in the generation of the budget, because nowadays every service is made in a manual way. The second problem is in the fact that great part of the information is detained by the people involved in the process, only having a few documentation available. The third problem is that practically there is no way as generating managerial reports once the whole process is manual. In order to develop this system it was established as important to leave the commercial area with larger responsibility about the budgets requested by their customers and to address for the process area the generation of the databases to be used. The characteristic of having a specialized professional in the center of the process with the control of all the information has oriented the work to the use techniques of development of Expert Systems. The shell CLIPS was used to implement the expert system and the programming language INFORMIX-4GL, native of the database INFORMIX, was used to build the interface with the user.

KEY-WORDS: Expert Systems, Artificial Intelligence, Budget, Steel Foundry.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1. Introdução	11
1.1. Organização do Trabalho	12
2. Descrição da empresa e do negócio	13
2.1. Características Técnicas da Empresa	13
3. Sistemas Especialistas	16
3.1. Inteligência artificial	16
3.2. História dos Sistemas Especialistas	18
3.3. Aplicações e Domínios dos Sistemas Especialistas	19
3.4. Elementos de um Sistemas Especialistas	21
3.5. Linguagens, Ferramentas e Shells	22
3.6. Representação do Conhecimento	24
3.7. Requisitos para desenvolvimento de um Sistema Especialista	27
3.8. Fases no desenvolvimento de um Sistema Especialista	28
3.9. CLIPS : Um shell para desenvolvimento de Sistemas Especialistas	29
4. Elaboração de Orçamentos e Ganhos Esperados	33
4.1. O Processo de elaboração de orçamento	34
4.2. Possíveis soluções	35
4.3. A solução adotada	36
5. O Sistema Especialista SECO	39
5.1. Utilização do Sistema Especialista SECO	40
6. Conclusão	50
Referências Bibliográficas	51

APÊNDICES

Apêndice 1 – Conteúdo do Arquivo SECO.TXT

Apêndice 2 – Tabelas do Sistema

ANEXO

GLOSSÁRIO

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Algumas áreas da Inteligência Artificial	17
Figura 2 - Estrutura básica de um Sistema Especialista	21
Figura 3 - A Hierarquia do Conhecimento	24
Figura 4 - “Frame” de um Carro	26
Figura 5 - Exemplo de Rede Semântica	27
Figura 6 - Estágios de Desenvolvimento de um Sistema Especialista	28
Figura 7 – Arquitetura do Sistema SECO	39
Figura 8 – Primeira tela de lançamento de dados do SECO	41
Figura 9 – Segunda tela de lançamento de dados do SECO.....	41
Figura 10 – Terceira tela de lançamento de dados do SECO.....	42
Figura 11 – Quarta tela de lançamento de dados do SECO	43
Figura 12 - Tela de execução do programa CLIPS	46
Figura 13 – Tela de resposta à execução do programa CLIPS	47
Figura 14 – Primeira tela de resultados do SECO.....	48
Figura 15 – Segunda tela de resultados do SECO.....	48
Figura 16 – Terceira tela de resultados do SECO.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Alguns eventos importantes na história dos Sistemas Especialistas	18
Tabela 3 – Algumas aplicações de Sistemas Especialistas	20
Tabela 3 - Prós e contras das possíveis soluções de melhoria	36

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento é um exemplo típico de conceito que todas as pessoas acreditam saber o que é, mas não conseguem explicá-lo. O estudo de seu significado, como ele é criado, sua evolução e armazenamento, é um campo comum à Filosofia, e foi alvo de estudos de uma vida inteira de homens como Platão, Descartes e Kant.

Para Kant (1996), em seu livro “Crítica da Razão Pura”, existem duas formas de conhecimento: o conhecimento empírico, ou a *posteriori*, que se refere a dados fornecidos pelas experiências sensíveis e o conhecimento puro, ou *priori*, que não depende de nenhuma experiência, como as leis da matemática.

Em computação um dos maiores desafios é, provavelmente, tratar desse conhecimento empírico, pois nele reside a fronteira que diferencia a ação do homem ao da máquina. No campo da Ciência da Computação a área de Inteligência Artificial preocupa-se em estudar como é possível dotar programas de computador com conhecimento de modo a comportar-se de forma inteligente. Com o passar dos anos, a área de Inteligência Artificial subdividiu-se em vários subáreas, que se preocupam com estudos sobre Entendimento de Linguagem Natural, Fala, Visão e Sistemas Especialistas [Giarratano & Riley,1998].

Nas empresas, atualmente, pode-se afirmar que o conhecimento a respeito de seu produto tornou-se tão ou mais importante que a própria produção. E preservar este conhecimento é uma preocupação constante. Muitas vezes um produto fica fora do mercado durante anos, ou então a técnica usada em um produto pode ser reaproveitada em outro no futuro como, por exemplo, a construção de uma usina hidrelétrica. Uma hidrelétrica nunca é igual a outra, mas uma série de processos e detalhes são semelhantes e o esforço no desenvolvimento de uma construção pode ser aproveitado em outra. Assim, a informação não deve ser perdida.

Outro exemplo é o de um vagão ferroviário. Aquele projetado para uma empresa e uma determinada carga normalmente não serve para outra empresa e carga. Assim o conhecimento acumulado na construção de um vagão deve ser preservado para ser usado na possível construção de outro. Para isso, é necessário armazenar o conhecimento acerca de como produzir. Mas, o conhecimento de uma operação produtiva não se dá só pelos desenhos e manuais de processo, mas também com o conhecimento dos especialistas que a cercam. Estes especialistas tornam-se de fundamental importância para a empresa, e sua substituição é difícil, algumas vezes impossível. Mas a falta de um especialista precisa ser estrategicamente

considerada, pois, ele pode vir a mudar de emprego, aposentar-se ou até vir a falecer. É nesse campo que se destaca o Sistema Especialista.

Uma de suas principais características é exatamente a de fazer com que um computador aja como um especialista humano. Na empresa para a qual esta pesquisa foi desenvolvida há uma série de áreas críticas e a dependência por especialistas se evidencia. Uma dessas áreas foi escolhida para o estudo de caso apresentado nesse trabalho. Com a experiência na construção do Sistema Especialista, outras áreas poderão ser beneficiadas futuramente [Mendes, 1997].

Escolheu-se a área de elaboração de orçamento para o cliente. Esta área analisa a possibilidade, ou não, da empresa fazer um produto específico e, em caso afirmativo, determinar o preço e o tempo necessário para confeccionar o produto. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema que auxilie a sanar as principais deficiências existentes no processo atual de elaboração de orçamentos da empresa. Pretende-se com tal sistema alcançar os seguintes objetivos: diminuir o tempo de resposta aos orçamentos solicitados, prover um acesso mais fácil às informações e investir no aumento da qualidade e veracidade das informações.

1.1 Organização do Trabalho

No Capítulo 2 é feita uma descrição da empresa para a qual este trabalho foi desenvolvido, apresentando sua história e os produtos desenvolvidos. Logo a seguir, no Capítulo 3, está exposta a base teórica usada na solução do problema, onde são esclarecidos conceitos importantes usados no decorrer deste trabalho, tais como: Inteligência Artificial, Sistemas Especialistas e Engenharia do Conhecimento. É também descrito o software CLIPS, usado como ferramenta na construção do Sistema Especialista. Em seguida, no Capítulo 4, é visto como o processo de elaboração do orçamento era realizado anteriormente, destacando suas falhas e pontos positivos. As possíveis alternativas de soluções, seus pontos positivos e negativos. A solução adotada para o problema é debatida em detalhes no Capítulo 5, juntamente com as telas e descrições do processo e um exemplo aplicado ao sistema desenvolvido. Finalmente, as conclusões do trabalho e as perspectivas futuras estão apresentadas no Capítulo 6.

2. DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DO NEGÓCIO

Fundada em 1943 com o nome de FNV – Fábrica Nacional de Vagões, a empresa tinha como objetivo, segundo seus fundadores, suprir a demanda de vagões ferroviários que estava tendo início no Brasil. Naquela época não havia no Brasil empresa no ramo, e nem fundição capaz de produzir matéria prima para a produção. Toda produção de vagões para o Brasil era feita por ela. Com o desenvolvimento desse mercado a empresa tomou impulso e expandiu-se. Entretanto, devido às políticas adotadas pelo governo, a partir dos anos 60, incentivando o crescimento do mercado rodoviário em detrimento do mercado ferroviário fizeram com que ela se visse obrigada a diversificar sua produção em direção também ao mercado rodoviário de cargas. Assim a empresa que já fabricava vagões e peças para vagões, passou também a produzir chassis, rodas e travessas para caminhões. Nos anos 70 a empresa que já possuía duas prensas de 3000 toneladas, adquiriu mais uma de 5200, dando outro impulso à fabricação de novos produtos prensados. Foram adquiridos também dois fornos, dando início a fundição de aço que veio a atender todo o mercado ferroviário de peças. A partir de 1982, a empresa passou também a produzir rodas ferroviárias fundidas em moldes de grafite.

Com as sucessivas crises a partir dos anos 80, a empresa passou por outras administrações. Em 1983, foi comprada pela empresa de material bélico Engesa – Engenheiros Especializados S. A., e em 1990 foi novamente vendida para o grupo Iochpe Maxion, empresa participante ativa do mercado de auto-peças e máquinas agrícolas.

A FNV sofreu no decorrer desses anos uma série de mudanças, individualizando suas linhas de produção, aplicando a elas a metodologia de áreas de negócios.

Com o grupo Iochpe-Maxion, a empresa perdeu definitivamente a sigla FNV da razão social, e foi dividida em duas, assumindo novas razões sociais, Maxion Componentes Rodoviários Ltda e Amsted-Maxion Equipamentos Ferroviários S.A., sendo esta segunda associada à empresa norte americana Amsted, líder no mercado norte americano de peças ferroviárias. O presente trabalho foi feito para a Amsted-Maxion.

2.1 Características Técnicas da Empresa

No mercado nacional a Amsted-Maxion é a única fabricante de rodas ferroviárias em aço fundido com perfil parabólico, para vagões e locomotivas, de acordo com a norma AAR M107/208.

Seu processo de vazamento sob pressão controlada em moldes de grafite garante às rodas alta qualidade de sanidade e durabilidade, garantindo sua utilização segura sob as mais severas condições de trabalho.

A Amsted-Maxion fabrica vagões de carga em aço e alumínio, utilizando tecnologia própria e também através de parcerias com fabricantes internacionais. Os tipos de vagões mais comuns são: Fechados, Tanques, Gôndolas, Automoveiros, *Hoppers*, *double stacks*, plataformas, plataformas articuladas.

A Amsted-Maxion produz uma ampla gama de equipamentos ferroviários de acordo com as normas AAR, tais como: truques completos do tipo *Barber*, *Ride Control* e *Ride Master*, travessas, laterais, cunhas de fricção, engates, braçadeiras, aparelhos de choque e tração, pratos de pião, espelhos, hastes de ligação, pontas de longarinas integralmente fundidas, triângulos de freio, escotilhas, tremonas e outras partes de vagões. Para esta linha de produto a Amsted-Maxion produz sob licença da American Steel Foundries. Há também a linha de produtos direcionados ao mercado rodoviário, como quinta roda e peças de tratores.

Tanto a quinta roda como o engate automático Amsted-Maxion são produzidos com alta tecnologia e qualidade ISO 9002, o que garante alto desempenho e liderança de mercado.

Com liderança de atuação no fornecimento de peças fundidas em aço para o segmento de máquinas industriais e de mineração, a Amsted-Maxion mantém investimentos constantes no treinamento e educação de seus colaboradores, em alta tecnologia e na preservação do meio ambiente, o que permite maximização da qualidade e produtividade, garantindo alto nível de competitividade.

A Amsted-Maxion, dispõe de capacidade para fundir peças de até 6 toneladas, utilizando-se de processos de moldagem em areia verde ou cura frio (técnica exemplificada a seguir) e de uma aciaria que oferece os seguintes tipos de aço: aço carbono, aço baixa/média liga e aço manganês.

Com sistema de gestão voltado para a plena satisfação de seus clientes, a Amsted-Maxion mantém sua equipe técnica constantemente direcionada para o desenvolvimento de novos produtos e assistência técnica.

No processo de formação de preço de novos produtos há uma carência de organização das informações, de forma que a sua recuperação possa ser fácil e rápida. Para agravar mais ainda a situação, devido às constantes mudanças na linha de produção e alterações nos procedimentos, as principais informações do processo estão em poder de apenas alguns especialistas.

A área de fundição em areia (principal área abordada neste trabalho) produz peças em aço fundido com tamanhos, complexidades e propriedades mecânicas diferentes, tornando a definição do processo de produção a ser adotado para cada peça ainda mais difícil.

O processo básico de produção das peças fundidas passa pelas seguintes operações:

Modelação: produção do modelo a ser usado na confecção do molde (feito normalmente em madeira). Este modelo é normalmente feito em duas partes: a parte inferior e a parte superior;

Moldagem: preparação do molde que receberá o aço líquido. Coloca-se areia previamente misturada com uma resina especial em uma caixa de aço onde uma metade do modelo é acomodada para formar a peça. Faz-se o mesmo procedimento com a outra metade do modelo, injeta-se CO₂ em orifícios feitos na areia reagindo com uma resina que já foi misturada na areia, fazendo com que a mesma endureça. Endurecida a areia, o modelo é retirado e as duas partes do moldes são unidas;

Aciaria: onde é preparado o aço com a composição química adequada às especificações da peça;

Vazamento: nesta etapa o modelo recebe o aço líquido que formará a peça bruta;

Desmoldagem: depois de solidificada a peça é extraída do molde desfazendo-se a areia que a envolve;

Corte / quebra de canal: extração das partes acrescentadas ao modelo com a finalidade de promover o total preenchimento do molde. Estas partes são principalmente o canal de alimentação e o massalote;

Tratamento térmico: muitas peças passam por esta fase no processo pois as suas especificações técnicas como dureza, tenacidade e limite de resistência não podem ser alcançadas apenas com a solidificação da peça. O tratamento térmico consiste basicamente no aquecimento e no resfriamento controlado das peças;

Acabamento: extração de imperfeições e acabamento da peça para conseguir o acabamento superficial desejado;

Ensaio não destrutivo: etapa que visa certificar a sanidade da peça aprovando-a para a expedição caso não tenha algum tipo de defeito que comprometa o seu funcionamento.

3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

A evolução da utilização dos computadores nos dias atuais se dá em duas frentes que são: a globalização das informações através da Internet, e da especialização dos programas, para levar aos usuários um serviço especializado, mais completo e inteligente. A primeira frente é amplamente divulgada e seus avanços são percebidos no mundo inteiro. A segunda, sem grande divulgação, mas com excepcional margem de crescimento, objetiva fazer com que os sistemas computacionais comportem-se de maneira mais inteligente possível, facilitando inclusive o uso da Internet.

Com intuito de verificar a viabilidade de levar à área produtiva de uma empresa com as características descritas no capítulo anterior um sistema baseado em Inteligência Artificial, propõe-se neste trabalho o desenvolvimento de um Sistema Especialista para a área de criação de orçamentos de peças. Apresenta-se, a seguir, conceitos acerca desta área do conhecimento.

3.1 – Inteligência Artificial

O que é a Inteligência Artificial? A conceituação é complexa e todas as definições são discutíveis, uma vez que definir inteligência humana, como o conhecimento é armazenado e sua evolução, aproxima-se do campo da psicologia. Mas existem diversos conceitos bem fundamentados, tais como: “*A Inteligência Artificial é o estudo de como fazer os computadores realizarem tarefas em que, no momento, as pessoas são melhores*” [Rich, 1988].

A Inteligência Artificial vem sendo pesquisada desde os anos 40, mas tomou impulso em 60, com as obras publicadas por Allan Newell, Herbert Simon, Marvin Minsk e John McCarty [Senne, 1986].

A Inteligência Artificial, em sua evolução, pode ser dividida em diversas áreas, conforme mostra a Figura 1.

Inteligência Artificial

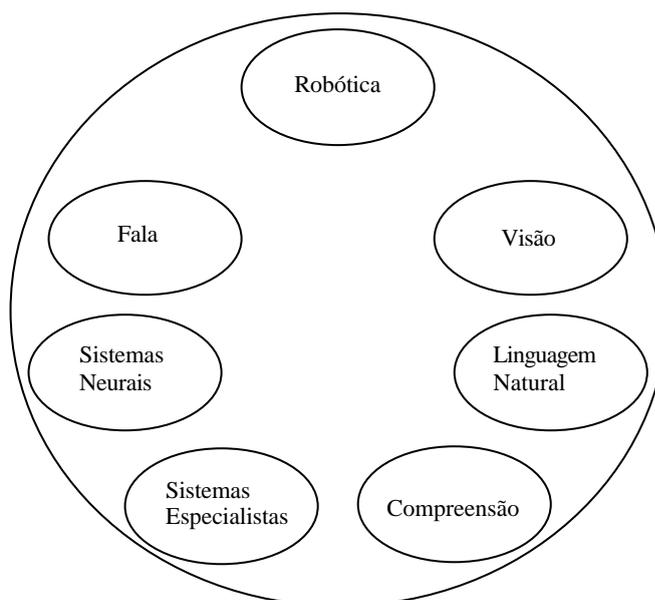


Figura. 1 - Algumas áreas da Inteligência Artificial [Giarratano & Riley, 1998]

Feigenbaum¹ [apud Giarratano & Riley, 1998], professor da Universidade de Stanford, e pioneiro no estudo de Sistemas Especialistas, define um Sistema Especialista como “*um programa inteligente de computador que faz uso de inferência e conhecimento para resolver problemas que são difíceis o bastante e exigem um especialista humano para sua solução.*”

Outra definição de Sistema Especialista é a seguinte: “*Novo Sistema de Computação que retém uma fração significativa do conhecimento de um especialista em uma determinada área, e que pode utilizar este conhecimento para sugerir conclusões às quais o especialista chegaria, se ambos fossem confrontados com os mesmos problemas.*” [Ferreira, 1986].

O desenvolvimento de Sistemas Especialistas deveu-se a uma mudança de orientação na pesquisa em Inteligência Artificial ocorrida no início dos anos 1970 após o insucesso experimentado por estratégias gerais de resolução de problemas, como as propostas por Newell & Simon (1963), as quais se mostraram extremamente limitadas para resolver problemas práticos reais [Senne, 1986].

Os Sistemas Especialistas atendem a uma necessidade crescente do mercado, onde cada vez mais, é preciso colocar a serviço do usuário programas com comportamento inteligente.

¹ Feigenbaum, E. Handbook of Artificial Intelligence, Heuris Tech Press/William Kaufman, 1981-2

Um exemplo de Sistema Especialista é o NEXPERT [Morales *et al.*, 2003] desenvolvido para a Internet, onde o usuário tem um suporte inteligente para solução de problemas de operação do software, para os quais o uso de um especialista humano seria muito caro.

A construção de um Sistema Especialista não implica em perda da função do ser humano especialista, pois uma de suas características é disponibilizar recurso para que um especialista humano faça manutenção das informações nele cadastradas [Abel, 1998]. Sua função é, entre outras, levar o conhecimento do especialista a lugares ou momentos onde ele não poderia estar e também liberá-lo para funções onde ele pode ter melhor aproveitamento.

Os Sistemas Especialistas são também um recurso importante para uma empresa conservar o conhecimento adquirido em anos de trabalho, pois esse tipo de informação pode ser perdido quando a empresa não puder mais contar com o funcionário especialista.

3.2 - História dos Sistemas Especialistas

Os estudos dos Sistemas Especialistas vêm de longa data e abrangem várias áreas. A Tabela 1 apresenta esta evolução e alguns dos responsáveis por esta evolução:

Tabela 1 - Alguns eventos importantes na história dos Sistemas Especialistas [Giarratano & Riley, 1998]

Ano	Evento
1943	Regras de Produção em modelo neural (McCulloch & Pitts)
1954	Algoritmo para controle de execução de regras (Markov)
1956	Conferência de Dartmouth: ;invenção do termo IA; Teoria lógica; Busca heurística.
1957	GPS - Solucionador de Problemas Gerais (Newell, Shaw e Simon)
1958	LISP – Linguagem de Inteligência Artificial (McCarthy)
1962	Princípios de Neurodinâmica e percepções (Rosenblatt)
1965	Método de resolução automática de teoremas (Robinson) Lógica Fuzzy para solução de conceitos imprecisos (Zadeh) Início do desenvolvimento do sistema DENDRAL (Feigenbaum & Buchanan)
1968	Redes Semânticas: Modelo de memória associativa (Quillian)
1969	MACSYMA - Sistema Especialista Matemático (Martin & Moses)
1970	Início dos trabalhos com PROLOG (Colmerauer & Roussel)
1971	HEARSAY I – Sistema para reconhecimento de voz (Hayes-Roth) Livro: Resolvendo Problemas Humanos (Newell & Simon)
1973	MYCIN - Sistema Especialista para Diagnóstico Médico (Shortliffe)

	EMYCIN - Primeiro shell (Van Melle, Shortliffe e Buchanan)
	HERSAY-II: Modelo de quadro negro de múltiplos especialistas (Erman, Hayes-Roth, Lesser, Reddy)
1975	Quadros - Representação do conhecimento (Minsky)
1976	AM (Matemática Artificial): Criação descobrimento de conceitos matemáticos (Lenat) Teorias de Evidências para resolver problemas sob incertezas (Dempster-Shafer) PROSPECTOR - Sistema Especialista para exploração mineral (Duda & Hart)
1977	OPS5 - Shell para Sistemas Especialistas (Forgy)
1978	XCON/R1 – Sistema Especialista para configuração de computadores DEC (McDermott)
1979	Início da comercialização de Sistemas Especialistas
1980	Construção de máquinas LISP
1982	SMP - Sistema Especialista Matemático; Rede Neural; (Hopfield)
1983	KEE - Ferramenta para construção de Sistemas Especialistas (IntelliCorp)
1985	CLIPS – Ferramenta para construção de Sistemas Especialistas (NASA)

No final da década de 50 e princípio de 60, uma série de programas foram escritos para tratar de problemas genéricos. A publicação por Newell e Simon do livro “General Problem Solver” impulsionou esta idéia. Nela é demonstrado como vários problemas humanos poderiam ser resolvidos fazendo uso das expressões IF... THEN, conhecido por regra de produção.

Nos anos 70, uma série de grandes projetos surgiram com bons resultados. Eles trouxeram significativos avanços na estrutura dos Sistemas Especialistas, como a criação de programas denominados “shell” para auxiliar na construção de Sistemas Especialistas.

Os Sistemas Especialistas popularizaram-se nas décadas de 80 e 90, com a evolução das máquinas e queda do custo do software e o sucesso obtido por alguns sistemas. [Giarratano & Riley, 1998].

3.3 – Aplicações e Domínio dos Sistemas Especialistas

Os Sistemas Especialistas têm sido aplicados nas mais diversas áreas, de agricultura [Sachet, 2000] a finanças [Sonar, 1999]. A Tabela 2 mostra uma série de sistemas desenvolvidos até 1998. Muitos outros sistemas especialistas foram desenvolvidos desde então, o que se pode constatar com uma pesquisa na Internet.

Tabela 2 - Algumas aplicações de Sistemas Especialistas [Giarratano & Riley, 1998]

<i>Nome</i>	<i>Descrição</i>
CRYSSALIS	Interpretar estrutura em 3D de proteína
DENDRAL	Interpretar a estrutura molecular
TQMSTUNE	Remedy Triple Quadruple Mass Spectrometer
CLONER	Projetar novas moléculas biológicas
MOLGEN	Projetar experimentos de clonagem
SECS	Projetar complexos orgânicos moleculares
SPEX	Planejar experimentos em moléculas
ACE	Diagnosticar falhas em redes telefônicas.
IN-LATE	Diagnosticar falhas em osciloscópios
NDS	Diagnosticar a comunicação da rede nacional
EURISKO	Projeto de microeletrônica em 3D
PALLADIO	Projetar e testar novos circuitos VLSI
REDESIGN	Redesenhar circuitos digitais
CADHELP	Instruções para CAD
SOPHIE	Instruções para diagnosticar falhas em circuitos.
PUFF	Diagnosticar doenças pulmonares
VM	Monitorar cuidados intensivos com pacientes.
ABEL	Diagnosticar ácido-base / eletrólitos
AI/COAG	Diagnosticar doenças do sangue
AI/RHEUM	Diagnosticar doenças reumáticas
CADUCEUS	Diagnosticar doenças internas
ANNA	Monitorar terapia digital
BLUE BOX	Diagnosticar e medicar a depressão
MYCIN	Diagnosticar e medicar infecções por bactérias.
ONCOCIN	Medicar e gerenciar pacientes em tratamento quimioterápico
ATTENDING	Orienta aplicação de anestésias

Do ponto de vista empresarial, os Sistemas Especialistas assumem uma importância muito particular, pois contêm informações importantes de uma empresa, como sua tecnologia. Por estas características, acredita-se que nem todos os Sistemas Especialistas desenvolvidos para empresas estão divulgados e disponíveis no mercado [Giarratano & Riley, 1998].

Outro aspecto importante na aplicação de sistemas especialistas é o novo campo que se abre devido à Internet e suas imensas bases de dados acumuladas. Essas bases têm sido encaradas como fontes implícitas de conhecimento a serem exploradas [Souza, 2002].

Quanto ao domínio, um Sistema Especialista deve ser aplicado onde um sistema convencional não atende. Assim, antes de optar pela criação de um Sistema Especialista, deve-se fazer uma avaliação se a alternativa convencional existe. Se existir, normalmente ela é mais eficiente [Abel, 1998].

Na utilização de um Sistema Especialista deve-se trabalhar num campo específico do conhecimento, senão pode-se criar um sistema incompleto ou que extrapola os limites de um domínio de conhecimento. Por exemplo: um sistema para diagnosticar dores de cabeça pode ser específico de um clínico geral, ou pode abranger outras áreas que não são da medicina, como acupuntura, psiquiatria, etc.

Se no mercado o número de técnicos capazes de assumir a operação for muito grande, o sistema não se faz necessário, pois o conhecimento estará difundido, de fácil acesso e barato. É necessário que pelo menos um especialista esteja disposto a cooperar para a criação de um Sistema Especialista [Giarratano & Riley, 1998].

3.4 – Elementos de um Sistema Especialista

Um Sistema Especialista comum é estruturado em módulos, conforme ilustra a Figura 2:

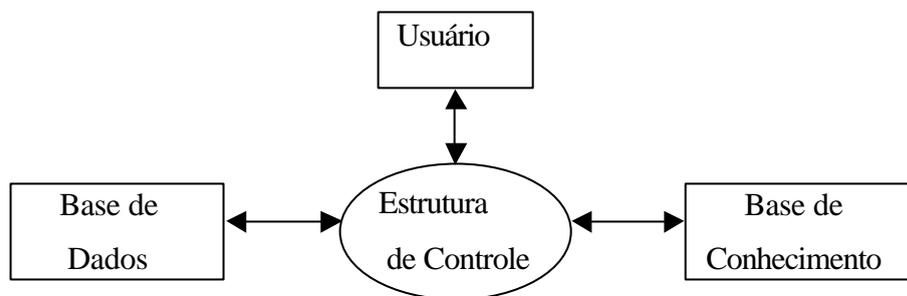


Figura. 2 - Estrutura básica de um Sistema Especialista [Senne, 1986]

Base de Conhecimento: Também denominado *Banco de Informação*; Contém todos os conhecimentos (heurísticos) fornecidos pelo especialista ou obtidos em livros e publicações (factuais) reconhecidos como legítimos acerca do domínio do problema [Abel, 1998].

Base de Dados: Também conhecido por “*Memória de Trabalho*”; Armazena os dados específicos de um problema e que serão usados pelas regras de inferência [Giarratano & Riley, 1998].

Estrutura de Controle: Também conhecida por “*Máquina de Inferência*” ou “*Motor de Inferência*”; Aplica o conhecimento disponível na Base de Conhecimento aos dados presentes na Base de Dados para obter a solução do problema [Abel, 1998].

Alguns outros elementos são encontrados na literatura como componentes de um Sistema Especialista, tais como:

Interface com o usuário – A interface entre o usuário final e o sistema está relacionada às circunstâncias onde o sistema vai operar. Algumas vezes essa interface pode ser simplesmente um arquivo texto, ou um terminal com qualidade gráfica. A solução adotada depende da análise de uma série de variáveis do sistema, como o ambiente onde esse será implantado, tempo de resposta exigido pelo usuário, etc.

Agenda – A agenda supõe uma ordem de preferência às regras que deverão ser verificadas pela máquina de inferência [Giarratano & Riley, 1998].

Processador de Linguagem Natural – Este módulo, que por si só pode ser visto como um Sistema Especialista, tem por objetivo facilitar a comunicação com o usuário [DIN, 2003].

Justificador de Solução – Este recurso permite ao usuário saber quais foram os passos seguidos pelo Sistema Especialista para chegar a um resultado. Este recurso é imprescindível para justificar a razão da resposta. No processo de implantação servirá para o Especialista julgar se o sistema está atendendo aquilo que foi planejado.

3.5 – Linguagens, Ferramentas e Shells

Um dos pontos mais importantes para a construção de um Sistema Especialista é a escolha de um modelo adequado à solução do problema. Nesse ponto como sempre a experiência é o fator que mais contribui no acerto da escolha.

Um Sistema Especialista pode ser desenvolvido em linguagens de programação comuns, ferramentas específicas ou um tipo especial de programa chamado *shell*. Segundo [Abel, 1998], cada uma dessas possibilidades pode ser conceituadas como:

Linguagem de Programação: Um tradutor de comandos que, a partir de uma sintaxe pré definida, cria os comandos na linguagem da máquina/sistema operacional a que se destina. Existem várias linguagens de uso geral, como C, Fortran, Delphi, Visual Basic e outras tantas. Existem linguagens específicas criadas para Inteligência Artificial, como LISP e PROLOG. Estas linguagens específicas têm particularidades importantes como a manipulação de símbolos enquanto que uma linguagem comum não é própria para isso. Qualquer desenvolvimento de um Sistema Especialista em uma linguagem comum necessita a criação de uma estrutura básica de manipulação de símbolos.

Ferramenta Específica: É uma linguagem de programação associada a um programa gerenciador. Este programa provê uma série de recursos como editor de texto, controle de sintaxe da linguagem, menus de ajuda, depuração de programas e outros mais. Um exemplo de ferramenta é a ESSE da IBM, ferramenta baseada em regras para computadores de grande porte .

Shell: Ferramenta de propósito específico para criação de Sistemas Especialistas. O programador deve prover somente a base de conhecimento, pois os outros componentes já estão criados.

Para seleção do recurso a ser usado para desenvolver um Sistema Especialista, os seguintes pontos devem ser levados em conta:

- O método deverá ser semelhante ao usado pelo especialista na resolução do problema;
- A maneira como o conhecimento é representado deverá ser adequado ao problema;
- O método de inferência deve obedecer à solução usada pelo especialista.

Há uma série de maneiras de desenvolver um Sistema Especialista. A maneira mais prática é através do uso de um *shell*. Existe uma grande quantidade de programas *shell* de alto nível como, por exemplo, SINTA [SINTA, 2003], CLIPS [CLIPS,2003] e EMYCIN [Senne, 1986], dentre vários outros. Neste trabalho foram analisados os sistemas SINTA e CLIPS, devido às suas facilidades de uso em máquinas de pequeno porte, como um computador pessoal, além do fato de serem gratuitos.

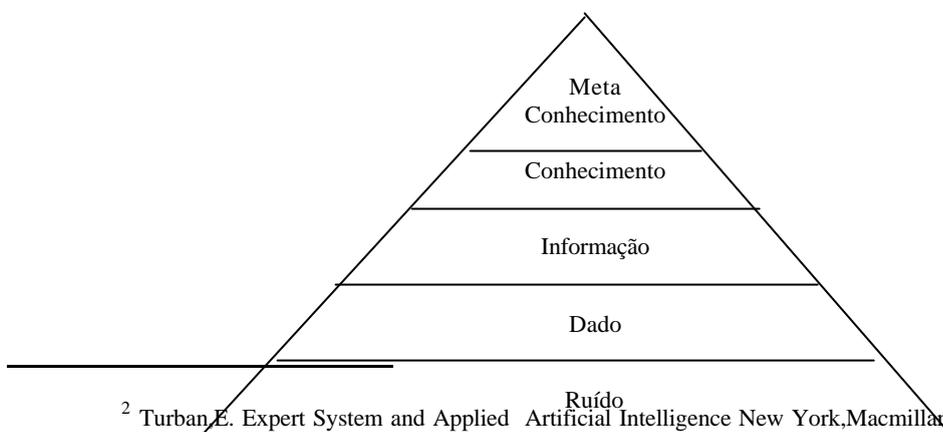
O Expert SINTA foi desenvolvido pelo Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade Federal do Ceará. Inicialmente este programa foi desenvolvido usando Visual Basic. Posteriormente uma nova versão foi disponibilizada no mercado, com uma série de inovações, inclusive uma biblioteca que pode ser utilizada separadamente. Esta nova versão foi feita utilizando a linguagem de programação Delphi. A partir desta versão o sistema ganhou também em performance. Este programa *shell* utiliza um modelo baseado em regras de produção e fornece uma interface gráfica que facilita bastante seu manuseio [SINTA, 2003].

O CLIPS é um programa *shell* desenvolvido pela NASA, devido à falta de mão de obra especializada para utilizar algumas linguagens, como o LIPS. A ferramenta desenvolvida é a junção da linguagem LIPS com a linguagem C. Assim ficou mais fácil o treinamento das pessoas na linguagem, já que sua estrutura básica deriva da linguagem C e as bibliotecas e capacidade de trabalhar com símbolos do LIPS [CLIPS, 2003].

O EMYCIN foi criado a partir do desenvolvimento do Sistema Especialista MYCIN. Este tem por objetivo o diagnóstico e terapia de infecções bacterianas no sangue. A sigla EMYCIN significa “*Empty MYCIN*”.

3.6 – Representação do Conhecimento

Segundo Turban² [apud Abel, 1998], a Engenharia do Conhecimento lida com a aquisição, representação, validação, utilização e manutenção de bases de conhecimento. A Engenharia de Conhecimento exige grande interação entre um especialista de uma área e um profissional denominado Engenheiro do Conhecimento. O objetivo do Engenheiro do Conhecimento é obter do especialista todo o conhecimento possível a respeito de um domínio [Dim, 2002]. O conhecimento pode ser classificado como na Figura 3:



² Turban, E. Expert System and Applied Artificial Intelligence New York, Macmillan, 1992 Engineering Review, Vol 9:4, p.327-354.

Figura. 3 - A Hierarquia do conhecimento [Giarratano & Riley, 1998]

Os *Engenheiros de Conhecimento* entram em contato com o especialista para obter dele as informações necessárias para chegar ao conhecimento em um formato que alimentará a Base de Conhecimento do Sistema Especialista [Abel, 1998]. O Engenheiro de Conhecimento pode ser um Analista de Sistemas que venha a se especializar nas técnicas de desenvolvimento de um Sistema Especialista (neste caso, o Analista de Sistemas passa a ser conhecido como *Analista de Conhecimento*). O fato de ser um Analista de Sistemas facilita o trabalho do Engenheiro de Conhecimento, por conhecer a estrutura de Informática da empresa. O Engenheiro de Conhecimento é o responsável pela estruturação do conhecimento (escolha do esquema de representação do conhecimento) e pela construção da Base de Conhecimento do Sistema Especialista. Deve extrair, interpretar e representar o conhecimento do especialista. É interessante que o Engenheiro de Conhecimento tenha qualidades como boa comunicação, paciência, conhecimento do domínio, que pode ser extraído de literatura ou entrevistas com pessoas da área, e conhecimento de programação [Oshiro *et al*, 2002].

O especialista é um profissional que tem vasto conhecimento da área. Ele é o detentor das informações que se precisa para montar um Sistema Especialista. Seu perfil ideal é o de um profissional com anos de experiência na área, que utiliza conhecimento próprio na solução dos problemas e com claro conhecimento de seus limites. Nem sempre todos os requisitos são preenchidos, mas são todos importantes [Oshiro *et al*, 2002].

A pessoa responsável pela programação deve conhecer profundamente as linguagens de programação, ferramentas e *shells* indicados pelo Analista de Conhecimento, mas não necessita participar de reuniões e entrevistas junto ao especialista [Abel, 1998].

Os esquemas de representação do conhecimento mais usados atualmente são os sistemas de produção, os *frames* e as redes semânticas, conceituados a seguir.

Sistemas de Produção: A idéia dos Sistemas de Produção é a construção da Base de Conhecimento como um conjunto de regras de produção, na forma de pares: **SE condição,**

ENTÃO ação. Esta forma de representação é de fácil uso, pois as interações entre as regras são mínimas, o que facilita também a manutenção da Base de Conhecimento [Senne, 1986].

O Motor de Inferência de um Sistema Especialista pode processar a análise das regras de produção de maneira progressiva ou regressiva. O Engenheiro do Conhecimento é quem vai determinar qual mecanismo de inferência atende melhor à necessidade do Sistema Especialista.

Na forma progressiva, o Sistema Especialista vai questionando o usuário e pesquisando na Base de Dados até chegar a um resultado final. Ele testa as condições das regras com base nos dados disponíveis (na base de dados). As ações das regras validadas geram novos dados que são incluídos na Base de Dados e servirão para validar novas regras. O processo termina quando a Base de Dados contiver a resposta do problema.

Na forma regressiva, escolhe-se uma regra cuja parte de ações contém a resposta ao problema e procura-se validar sua premissa. Para validar as condições de uma regra procuram-se dados na Base de Dados ou nas regras que contenham informações útil em sua parte de conclusão.

Frames: Os *frames* provêm uma estrutura semelhante à estrutura de registro usadas em linguagens de programação. Bastante conveniente para representar objetos padronizados sob o qual se tem uma série de informações tabuladas [Giarratano & Riley, 1998].

A Figura 4 mostra um exemplo de *frame* para representar um automóvel:

<i>Slots (Atributos)</i>	<i>Fillers (Valores)</i>
Construtor	General Motors
Modelo	Chevrolet Caprice
Ano	1979
Transmissão	Automática
Motor	Gasolina
Marchas	4
Cor	Azul

Figura 4 – Frame de um carro [Giarratano & Riley, 1998]

Redes Semânticas: A rede semântica foi a primeira tentativa de desenvolver uma representação de conhecimento parecida com a memória associativa humana. Ela é feita de nós (que abrigam conceitos ou objetos) e arcos (que representam associações ou relacionamentos entre os nós) [Giarratano & Riley, 1998].

A Figura 5 mostra um exemplo de uma rede semântica:

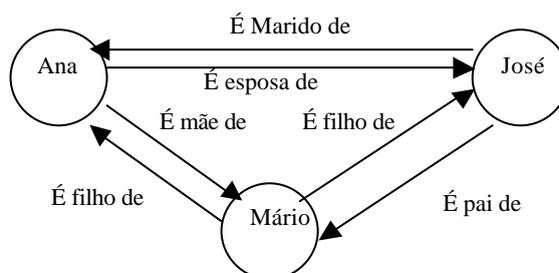


Figura. 5 – Exemplo de Rede Semântica

3.7 - Requisitos para Desenvolvimento de um Sistema Especialista

Antes de optar pela implementação de um Sistema Especialista como solução de um problema, algumas questões devem ser respondidas. São elas:

Existe a possibilidade de se desenvolver uma solução baseada em ferramentas e linguagens de programação convencional?

Se existir tal possibilidade, ela deve ser usada, pois um Sistema Especialista trabalha com dados heurísticos e incertezas. Se para solucionar o problema as respostas estão tabuladas, um Sistema Especialista não será necessário.

O domínio do problema é claramente delineável?

Um Sistema Especialista deve restringir-se a um assunto específico, ele não pode ser geral.

Existe um especialista no assunto?

É necessário para implementação de um Sistema Especialista, que exista um especialista humano e que este esteja disposto a ajudar na construção do sistema. Caso exista uma grande quantidade de pessoas especialistas no assunto, o sistema poderá não ser viável

financeiramente. O uso de literatura também é um importante recurso no desenvolvimento de um Sistema Especialista.

3.8 - Fases no Desenvolvimento de um Sistema Especialista.

As fases no desenvolvimento de um Sistema Especialista são apresentadas na Figura 6 e conceituadas a seguir.

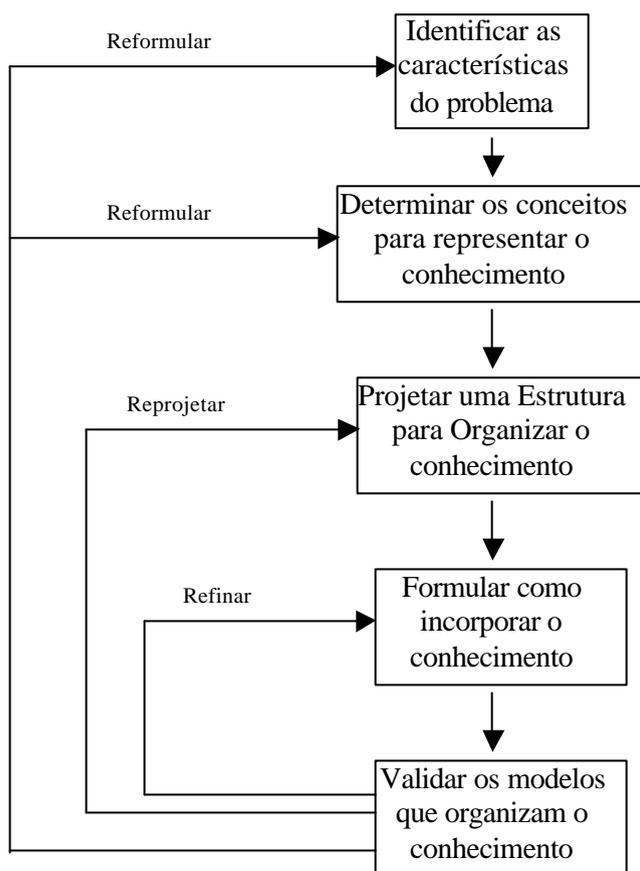


Figura. 6 – Estágios de desenvolvimento de um Sistema Especialista [Senne, 1986]

Identificação do Problema: O Engenheiro do Conhecimento deve tomar conhecimento do máximo de informação possível acerca da área, pois assim ele terá maior facilidade em suas entrevistas. É necessário fazer uma análise ampla junto à área com o intuito de estabelecer o domínio do problema [Abel, 1988]. Esta fase é responsável pela definição da viabilidade ou não da implantação de um Sistema Especialista.

Determinar os Conceitos para Representar o Conhecimento: Conhecer os objetos que fazem parte do domínio do problema ajudará ao Analista de Conhecimento encontrar a melhor a melhor forma de representação do conhecimento.

Projetar uma estrutura para organizar o Conhecimento: A partir das entrevistas com o especialista da área, ficará claro como ele organiza seu conhecimento, e o Engenheiro de Conhecimento conhecendo as estruturas de armazenamento do conhecimento disponíveis, vai encontrar aquela que mais se adequa ao raciocínio do especialista.

Formular como Incorporar o Conhecimento: Identificar qual a maneira mais adequada de incorporar o conhecimento do especialista ao sistema.

Validar os modelos que organizam o conhecimento: O sistema deve ser testado junto ao usuário para que este o valide, fazendo as alterações necessárias, adaptando-o à sua realidade.

3.9 CLIPS: Um Shell para Desenvolvimento de Sistemas Especialistas

O CLIPS é ao mesmo tempo uma linguagem de programação e um *shell*. Três paradigmas de programação são suportados pelo CLIPS: baseado em regras de produção, linguagem orientada a objeto e linguagem procedimental. O CLIPS suporta somente busca progressiva (*forward*), não suportando busca regressiva (*backward*).

CLIPS é um acrônimo de “*C Language Integrated Production System*”. Foi desenvolvido usando a linguagem de programação C na NASA/Johnson Space Center com o propósito de prover alta portabilidade, baixo custo e fácil integração com sistemas externos.

O CLIPS provê poderosos recursos de programação e implementação de um Sistema Especialista. No CLIPS os dados e comandos podem entrar diretamente via teclado, ou ser carregados a partir de um arquivo texto montado em um editor de texto qualquer. Os componentes do *shell* são representados da seguinte forma:

Base de dados

Em CLIPS os dados são tratados como fatos. Este fato é extraído do usuário do sistema ou do ambiente. Seu formato consiste de um nome seguido por zero ou mais campos e seus respectivos valores. Veja abaixo exemplo de um dado:

```
(pessoa (nome "Manuel Bandeira")
        (idade 52)
        (cor-olhos azul)
        (cabelo preto) )
```

A sintaxe é formada por um parêntese, seguido do nome do fato e entre parênteses os campos com seus respectivos valores. A ordem dos campos não é importante. Assim, para o dado acima:

O símbolo *pessoa* é um fato;

nome é um campo de *pessoa* ;

"*Manuel Bandeira*" é o valor do campo *nome*;

azul é o valor do campo *cor-olhos*.

Antes de criar os fatos é necessário definir sua estrutura. O comando que faz essa definição é o "*DEFTEMPLATE*". Sua sintaxe é a seguinte:

```
(deftemplate <nome> [Comentário opcional]
        (slot nome-do-campo) )
```

Seguindo esta sintaxe o exemplo acima pode ser definido como:

```
(deftemplate pessoa "Definição exemplo"
        (slot nome )
        (slot idade )
        (slot cor-olhos)
        (slot cabelo) )
```

Base de Conhecimento

A Base de Conhecimento é formada pelas regras de produção e o comando que cria uma regra é o "*DEFRULE*" que faz uso dos campos criados no "*DEFTEMPLATE*". Considere, por exemplo, o seguinte uso do comando "*DEFRULE*":

```
(deftemplate emergencia (slot type) )
(deftemplate resposta (slot acao) )

(defrule fogo-emergencia "Um exemplo de regra"
  (emergencia (type fogo) )
  =>
  (assert (resposta (action ativar-sistema-anti-incendio) )
) )
```

A sintaxe das regras de produção é a seguinte:

```
(defrule nome-da-regra [Comentário opcional]
  <condição>
  =>
  <ação> )
```

Um exemplo de regra de produção aplicada ao domínio de orçamentos discutido neste trabalho é o seguinte:

```
(deftemplate MAIN::orcamento
  (slot peso-panela)
  (slot peso-ponte)
  (slot dimensao-forno)
  (slot dimensao-caixa)
  (slot inspecao)
  (slot acabamento))

(defrule MAIN::peso-panela
  (orcamento (peso-panela fora-limite))
  =>
```

```
(printout -t "Não há panela de vazamento adequada a  
esta peça/placa"))
```

Para o exemplo acima, quando o peso da panela estiver fora do limite uma mensagem apropriada será emitida.

4. ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTOS E GANHOS ESPERADOS

Uma empresa que quer se tornar competitiva no mercado atual tem que constantemente avaliar seus processos internos visando apurar suas deficiências e definir novos desafios e melhorias a serem cumpridas, investindo de maneira a garantir sua posição no mercado e até galgar novas.

A Amsted-Maxion trabalha em função de contratos fechados com seus clientes, não havendo a venda a varejo. As peças produzidas, em sua maioria, só servem àquele que as encomendam. Por isso há uma grande quantidade de solicitações de peças nunca feitas antes e daí a necessidade de gerar constantemente orçamentos a essas novas requisições.

Recebido pela área comercial, a solicitação do cliente é passada para uma área responsável por apurar as informações técnicas em que se baseará o orçamento. Essas informações são do tipo: material a ser usado, máquinas necessárias e tempo necessário. Uma vez apuradas, essas informações são passadas para o setor de custo que vai apurar o preço do produto e retorná-lo ao departamento de vendas, que poderá finalmente responder ao cliente.

Atender a solicitações de orçamento é uma tarefa que requer muito cuidado, pois dela depende o fechamento ou não de um negócio e, o mais importante, a lucratividade da empresa. Quando um cliente não é bem atendido já na fase de orçamento, a empresa perde além do negócio, a confiança.

Na empresa em questão, a área de orçamento pode sofrer desgastes devido a uma série de problemas:

- Tempo de resposta comprometido, devido as variações de mercado. Quando este se aquece, o volume das solicitações é grande e os atrasos constantes. Para salientar ainda mais este desafio, muitas empresas de grande porte estão adotando o sistema de compra e venda pela Internet, através de leilões ou simplesmente ofertas em *sites*. Por isso, uma resposta rápida e confiável é imprescindível;
- Rastreabilidade: um orçamento, devido a alguma circunstância especial, pode atrasar. Atualmente não existe ferramenta que rastreie o andamento do processo e informe em que ponto está parado;
- Difícil substituição dos profissionais: na ausência de um profissional o setor fica desfalcado e o processo se atrasa;
- A qualidade e a confiabilidade do serviço não são adequadas. A empresa evoluiu, adotando novos procedimentos e padrões, mas os tempos e custos medidos podem não ser atualizados por falta de pessoal e tempo.

Com a sistematização dos processos espera-se que uma série de benefícios sejam alcançados. São eles:

- A inovação do processo, desburocratizando e especializando os setores, tirando do profissional especializado o serviço repetitivo, colocando-o em tarefas mais nobres (para o próprio funcionário) e mais rentáveis para a empresa.
- Uma vez sistematizado o processo, colocando dentro dele o conhecimento do especialista, espera-se que a elaboração de orçamentos possa ser realizada por um número maior de pessoas, que por sua vez não precisam ser especialistas;
- Fornecer à direção da empresa subsídios para que ela possa avaliar a necessidade ou não de investimentos em produção. Uma análise dos orçamentos reprovados poderá mostrar que a empresa precisa comprar novas máquinas, pois há mercado para um produto justificando esse investimento. Por outro lado, olhando os orçamentos aprovados pode-se concluir que algum setor está para ficar, ou já está sobrecarregado.

É consenso geral a necessidade de tornar o processo de elaboração de orçamentos rápido, livre de falhas, atendendo as inovações de mercado e, principalmente, atendendo o cliente de maneira diferenciada, dando uma amostra da eficiência da empresa já no primeiro contato.

Há também a necessidade de liberar o especialista da área para outras tarefas, sem tirar dele a responsabilidade de acurar os dados, e dar ao setor de vendas, maior autonomia, flexibilidade e responsabilidade para gerar os orçamentos.

4.1 O Processo de Elaboração de Orçamentos

O processo de orçamento de um produto segue as seguintes etapas:

- Uma vez feito o contato com o cliente, o setor de vendas recebe uma solicitação de orçamento de um produto. Essa solicitação passa por uma análise prévia pela própria área comercial, a fim de verificar se os dados básicos constam para apuração do orçamento;

- Com esses dados, o setor de vendas preenche um formulário denominado Solicitação de Formação de Preços (ver Modelo 1 no Anexo A), que em seguida é passado para a área de processo;
- A área de processo faz uma análise da Solicitação de Formação de Preços e preenche dois outros formulários, denominados Análise Crítica (ver Modelo 2 no Anexo A), que é uma folha de verificação dos dados, e uma Ficha Técnica do Orçamento (ver Modelo 3 no Anexo A);
- Uma vez preenchidos, esses dois formulários são passados para a área de custos que, de acordo com regras pré estabelecidas pela empresa, preenche um outro formulário denominado Condições Técnicas de Fornecimento (ver Modelo 4 no Anexo A), que então é devolvido ao setor de vendas, que entra em contato com o cliente para iniciar uma negociação.

Todo o processo é feito preenchendo manualmente os formulários. Os tempos e custos estão em planilhas e não têm manutenção *on-line*. Os históricos dos orçamentos não estão em nenhum meio magnético onde pudessem ser acessados por um computador, daí não haver relatórios nem estatísticas.

Nesse trabalho propõe-se a informatizar duas etapas do processo, não tratando diretamente a análise do preço e do lucro objetivado, foca principalmente a agilidade no fluxo geral das informações, agilidade no retorno, confiabilidade e armazenamento dos dados técnicos.

A primeira etapa ocorre no momento de contato com o cliente. O setor de vendas tem a possibilidade de lançar diretamente no sistema a solicitação, atendendo assim a uma padronização e agilizando o processamento das informações.

A segunda etapa é o processamento das solicitações que ao invés de ser feita pelo especialista, passa a ser feita pelo módulo especialista do sistema.

Com os dados armazenados em banco de dados, torna-se possível a realização de consultas estatísticas, atendendo assim às necessidades da gerência.

À área de formação de preço, que conclui um processo de elaboração de um orçamento, caberá apenas o preenchimento final liberando o orçamento para o departamento de vendas.

4.2 Possíveis soluções

Feita uma análise do negócio e levando em consideração os recursos disponíveis, como banco de dados, equipamentos e pessoal técnico, pode-se chegar a duas possíveis soluções para o problema, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Prós e contras das possíveis soluções de melhoria.

Alternativa 1 : <u>Comprar um sistema</u>	
Prós	Contras
Comprando uma solução já testada é interessante pois, teoricamente, esta solução estaria isenta de falhas.	Nenhuma solução está completamente preparada para ser usada em uma área particular da empresa e o custo de personalização é, normalmente, alto.
Qualquer alteração seria solicitada e essa seria realizada por um custo controlado.	A empresa aumenta sua dependência em ter uma área responsável pela manutenção do software. Por experiência, sabe-se que qualquer manutenção no sistema é lenta, burocrática e, comumente, dispendiosa.
Alternativa 2: <u>Criar um sistema com recursos internos</u>	
Prós	Contras
Pode ser feito da maneira exata como se quer, sem módulos que não interessam à empresa.	O tempo necessário para desenvolver o sistema é maior que o de comprar um sistema pronto.
O custo de desenvolvimento será pago de Qualquer maneira, pois o <i>staff</i> do setor de Informática tem que ser mantido por uma decisão da empresa.	Caso os profissionais não tenham o devido treinamento nas ferramentas ou na técnica a ser usada o sistema ficará aquém das possibilidades de um software desenvolvido por uma empresa especialista.

4.3 A Solução Adotada

A solução adotada foi a de desenvolver um com os recursos próprios da empresa, pois ela já conta com estrutura capacitada para isso, equipe de profissionais na área de

informática, máquina com capacidade para comportar o desenvolvimento, teste e implementação do sistema e tempo para desenvolvê-lo.

A característica do processo em estudo leva a crer que uma parte do processo pode ser realizada por um Sistema Especialista. Essas características são as seguintes:

- Dentro da empresa só há um técnico capaz de elaborar um orçamento.
- O conhecimento adquirido pelo especialista veio em grande parte de sua vivência na área.

Na escolha das ferramentas usadas na implementação do sistema pesou, antes de tudo, a política da empresa, onde todo o desenvolvimento precisa ser feito usando *softwares* compatíveis com os que foram desenvolvidos os principais sistemas da empresa. Por isso, o banco de dados escolhido foi o INFORMIX e a linguagem para interface com o usuário, a INFORMIX-4GL, por ser a linguagem nativa do banco de dados. Como ferramenta para implementação do sistema especialista, embora o *shell* SINTA seja extremamente fácil de ser operado, optou-se pelo CLIPS, que se mostrou bastante consistente quanto à sua potencialidade e segurança.

Segundo [Liebowitz, 1995], a implementação de um sistema de informação requer uma série de requisitos, tais como:

- definir claramente o problema apontado. Muitas vezes ele não está claro, ou os reclamantes podem estar enganados em relação a real causa do problema;
- o domínio de todo o processo deve estar claro, principalmente tratando-se de Sistemas Especialistas;
- dentro do domínio estabelecido, os objetos devem ser identificados e seus relacionamentos conhecidos;
- as fontes de conhecimento devem ser claras e de fácil acesso. Se a fonte for uma pessoa, esta deve estar propensa a ajudar; se a fonte for literatura, esta deve estar disponível para acesso pelos participantes.

O sistema a ser desenvolvido deve solucionar os problemas detalhados neste capítulo e trazer novos recursos tanto em relação à interface com o usuário, quanto à qualidade de processamento das informações, gerando segurança e armazenamento de dados.

Em primeira instância, o cliente não terá relacionamento direto com o sistema, mas deverá sentir no tempo de resposta, que provavelmente passará a ser menor.

O Departamento de Vendas terá maior participação no sistema, uma vez que hoje ele só preenche um formulário e aguarda seu retorno. Com a implementação do sistema ele passa a fazer o orçamento completo na tela. Uma vez preenchida esta tela ele ficará aguardando a liberação por parte do setor de formação de preço. Uma vez feita esta liberação, o orçamento estará pronto.

O especialista que é o grande responsável pela elaboração do orçamento, a partir da implantação do sistema, funcionará como um consultor à área de Vendas e ficará também incumbido de fazer atualizações no Banco de Conhecimento, junto ao Analista de Conhecimento.

Os orçamentos elaborados ficarão armazenados e com base nesses dados será possível a criação de telas e relatórios estatísticos dos processos realizados, e será possível então conhecer:

- Estatísticas de Orçamentos aprovados/reprovados;
- Causas das não aprovações;
- Outras informações gerenciais.

5. O SISTEMA ESPECIALISTA SECO

O Sistema Especialista desenvolvido, denominado "SECO – Sistema Especialista em Controle de Orçamentos", consiste de módulos de interface com usuário (desenvolvido em INFORMIX-4GL), nos quais o usuário responde a uma série de perguntas. As respostas a estas perguntas são comparadas com dados da área produtiva armazenados em tabelas previamente cadastradas e geram uma série de conceitos que servirão de base para o Sistema Especialista realizar as inferências necessárias para responder as principais questões relativas as deficiências na elaboração de orçamentos. A Figura 7 mostra a arquitetura do SECO.

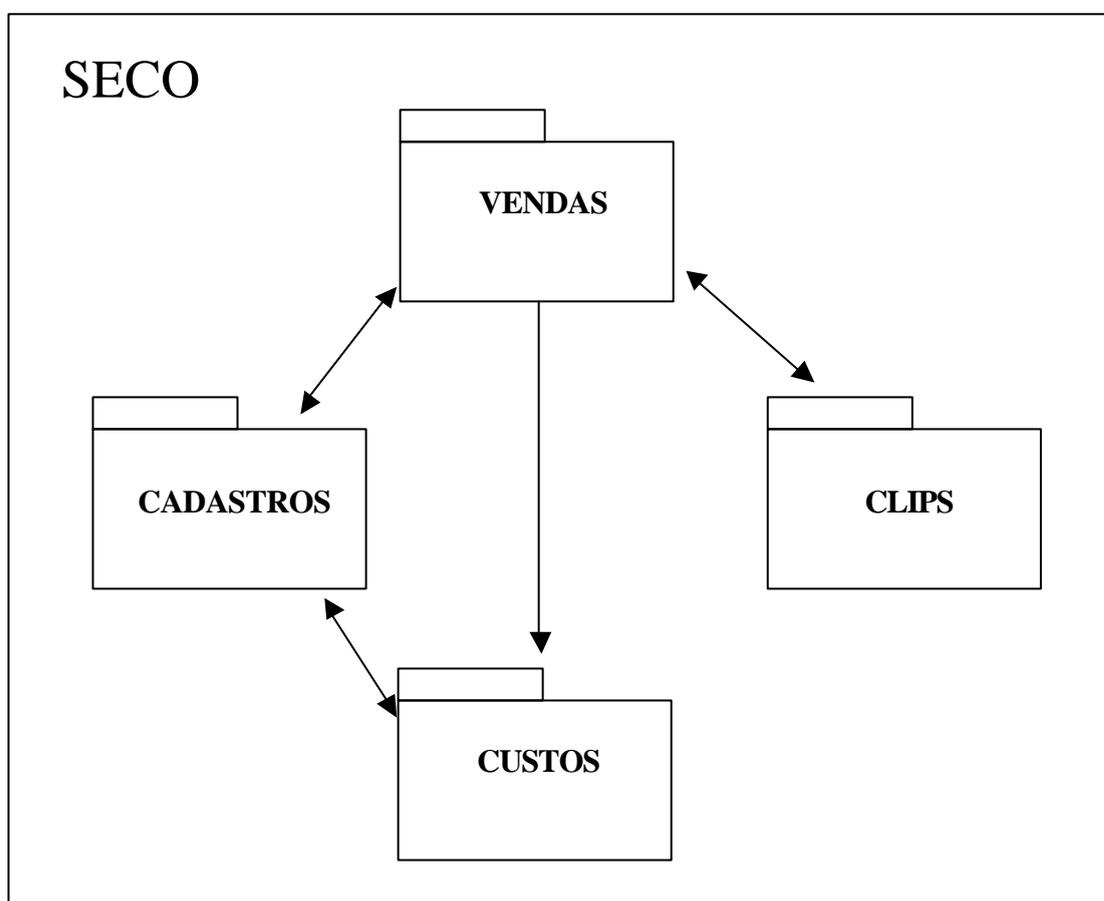


Figura. 7 – Arquitetura do Sistema SECO

Os módulos do sistema são detalhados a seguir.

Vendas: A partir deste módulo às informações básicas fornecidas pelo cliente são introduzidas no sistema. Estas informações são relacionadas com as tabelas do sistema e irão criar os fatos para o Sistema Especialista. Estes fatos são gravados em um arquivo denominado *fato.txt*.

Cadastros: As informações dos orçamentos, os dados usados na sua confecção e conclusões, são gravados em uma banco de dados.

CLIPS: Carrega o arquivo com as regras, denominado *seco.txt* (ver Apêndice 1), o arquivo com os fatos apurados e faz as inferências necessárias aprovando ou não o orçamento e apontando possíveis falhas.

Custos: Este módulo no sistema é apenas informativo e os usuários da área de formação de preços lança seus dados com objetivo de documentar o processo de orçamento.

5.1 Utilização do Sistema SECO

A interface com o usuário do sistema SECO apresenta diversas perguntas sobre a peça a ser manufaturada. As telas a seguir são exemplos do lançamento da solicitação de orçamento de uma peça. O cliente tem seu nome trocado por questão de privacidade da Amsted-Maxion.

Na Figura 8, são respondidas questões a respeito do material a ser utilizado. No caso, o aço é do tipo 4524-AF. Este tipo é verificado contra o atributo SAE da tabela *am_materiais*. O código correspondente deste material na empresa é trazido para a tela (ACO-B). Juntamente com este código são trazidas também as propriedades mecânicas da tabela *am-materiais*. Estes valores, correspondentes a: limite de resistência, limite de escoamento, alongamento e faixa de dureza, são mostrados na primeira coluna (Maxion). Na coluna ao lado (Cliente) o usuário lança os valores requeridos pelo cliente.

```

+-----+
|OPCAO:  Incluir  Consultar  Excluir  Seguinte  Anterior  Fim
|Inclusao de dados.
+-----+
|
|          Sistema Especialista de Gestao de Orcamentos
|          Criacao do orcamento
|
|Num.Orcamento:[      5]
|Cliente       :[FRUEHALF      ]
|Data         :[25/01/2003]
|
|1 - De que material sera feita a peca?
|   [4524-AF    ] - [ACO-B    ]
|
|2 - Quais as propriedades mecanicas requeridas?
|
|           Maxion      Cliente
|Limite de resistencia:[ 45.000] [ 45.000]
|Limite de escoamento :[ 22.000] [ 22.000]
|Alongamento         :[      24] [      25]
|Faixa de Dureza      :[ 130.00] [ 138.00]
|
+-----+
|Ctrl: W=Help                                     | SEGO001-03.10.01

```

Figura 8 – Primeira tela de lançamento de dados do SECO

As questões 3, 4 e 5, apresentadas na Figura 9, têm opção de busca nas tabelas `am_trat_termico`, `am_tolerancia` e `am_materiais` respectivamente. Esta busca é para auxiliar a digitação, pois se o dado já existe, este não precisa ser redigitado, mas se ele não existe é porque a empresa não atende à solicitação, e este dado deve fazer parte do orçamento.

```

+-----+
|OPCAO:  Incluir  Consultar  Excluir  Seguinte  ...
|Inclusao de dados.
+-----+
|
|          Sistema Especialista Gestao de Orcamentos
|          Criacao do orcamento [      5]
|
|3 - Que tipo de tratamento termico e' necessario?
|Resp.:  [TEMPERA ]
|        [      ]
|        [      ]
|
|4 - Quais as tolerancias permitidas?
|Resp.:  [      ][      ]
|        [      ][      ]
|        [      ][      ]
|
|5 - Quais as inspecoes necessarias?
|Resp.:  [ULTRASOM]
|        [      ]
|        [      ]
|
+-----+
|Ctrl: W=Help                                     | SECO002-03.10.01

```

Figura 9 – Segunda tela de lançamento de dados do SECO

As respostas das questões 6, 7, 8 e 10, apresentadas na Figura 10, não têm relacionamento com nenhuma tabela no sistema, pois são particularidades da peça que está sendo objeto da análise.

A resposta da questão 9 permite que o usuário verifique o conteúdo da tabela `am_acabamento`. Caso este lançamento seja diferente de qualquer um cadastrado, sua digitação o sistema pede confirmação do usuário.

```

+-----+
|OPCAO:  Incluir  Consultar  Excluir  Seguinte  ...
|Inclusao de dados.
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|                                     ( Zoom ) ---
|                               Sistema Especialista Gestao de Orcamentos
|                               Criacao do orcamento [    5 ]
|
| 6 - Quais as dimensoes da peca?      Altura      : [  0.30 ]
|                                       Largura      : [  0.20 ]
|                                       Comprimento: [  0.60 ]
|
|   6.1 - Peso da peça      : [ 80.000 ]
|
| 7 - Quais as dimensoes da placa?     Altura      : [  0.35 ]
|                                       Largura      : [  0.25 ]
|                                       Comprimento: [  0.75 ]
|
|   7.1 - Peso da Placa    : [ 145.000 ]
|
| 8 - E' necessario alguma montagem?   [N]
|
| 9 - Qual o tipo de acabamento exigido? [DESBASTAR ]
|
| 10 - Pode ser reparada por solda? [S]
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Ctrl: W=Help                                     | SECO003-03.10.01

```

Figura 10 – Terceira tela de lançamento de dados do SECO

Conforme o aço apontado na tela da Figura 8, são trazidos para a tela da Figura 11 os limites mínimo e máximo para cada liga de sua composição. O operador tem duas colunas para valores máximo e mínimo exigidos pelo cliente.

```

+-----+
|OPCAO:  Incluir  Consultar  Excluir  Seguinte  ...
|Inclusao de dados.
+-----+
|
|          Sistema Especialista Gestao de Orcamentos
|          Criacao do orcamento
|
|Num.Orcamento:[      5]
|
|          MAXION          CLIENTE
|          Min    Max          Min    Max
|[C   Liga   ] [0.250][0.330]  [0.240][0.320]
|[Mn   ] [0.850][1.250]  [0.800][1.100]
|[Si   ] [0.400][0.800]  [0.300][0.600]
|[P    ] [    ][0.040]   [    ][0.035]
|[S    ] [    ][0.040]   [    ][0.035]
|
+-----+
|Ctrl: W=Help                               | SECO004-03.10.01

```

Figura 11 – Quarta tela de lançamento de dados do SECO

Uma vez encerrada a digitação dos dados apresentados na tela da Figura 11, o programa prepara um arquivo com os fatos apurados para que este seja submetido ao Sistema Especialista, que dá as respostas necessárias.

A montagem desses fatos para o exemplo considerado se dá da seguinte forma:

Fato 1 – O peso da placa está dentro da capacidade de alguma de nossas painéis de vazamento?

Para responder a isso o programa relaciona a resposta da questão 7 com o atributo capacidade da tabela am_panels. Como a capacidade da panela é maior que o peso da peça, então o primeiro fato a compor o arquivo é:

(peso-panela dentro-limite)

Fato 2 – O peso da placa está dentro da capacidade de carga de nossas pontes rolantes?

É necessário verificar se as pontes rolantes têm capacidade para carregar a placa. Para isso o programa compara o peso da placa com a capacidade das pontes da tabela am_pontes e monta o segundo fato:

(peso-ponte dentro-limite)

Fato 3 – A dimensão dos fornos de tratamento térmico permitem o tratar a peça?

Verificar a resposta número 7 contra a tabela am_fornos_trat. A peça pode ser tratada dentro de um de nossos fornos:

```
(dimensao-forno dentro-limite)
```

Fato 4 – Existe alguma caixa com tamanho capaz de conter a peça?

A resposta número 7 é comparada com a capacidade das caixas da tabela am_caixas. Portanto, o quarto fato é:

```
(dimensao-caixa dentro-limite)
```

Fato 5 – As inspeções necessárias para atender ao cliente existem na empresa?

As respostas da questão 5 deverão ser verificadas sua existência na am_inspecao.

```
(inspecao atende)
```

Fato 6 – O acabamento da peça solicitado pelo cliente está entre aqueles processados pela empresa?

A resposta número 9 quando confrontada com o conteúdo da tabela am_acabamento resulta no fato que o acabamento atende a solicitação do cliente, então:

```
(acabamento atende)
```

Assim, para o exemplo considerado, o arquivo dos fatos montado pelo programa após o preenchimento da última tela tem o seguinte formato:

```
(def facts MAIN::orcamento
  (orcamento (peso-panela dentro-limite))
  (orcamento (peso-ponte dentro-limite))
  (orcamento (dimensao-forno dentro-limite))
  (orcamento (dimensao-caixa dentro-limite))
  (orcamento (inspecao atende))
  (orcamento (acabamento atende))
```

```
( orcamento (carbono          acima ))
( orcamento (manganes         abaixo))
( orcamento (silicio          muito-abaixo))
( orcamento (fosforo          abaixo))
( orcamento (enxofre          abaixo))
( orcamento (cromo            igual))
( orcamento (molibdenio       muito-abaixo))
( orcamento (niquel           igual))
( orcamento (boro             igual))
( orcamento (titanio          igual))
( orcamento (zirconio         igual))
( orcamento (vanadio          muito-abaixo))
( orcamento (cobre            muito-abaixo))
( orcamento (aluminio         igual))
( orcamento (limite-resistencia nao-ha))
( orcamento (escoamento      igual))
( orcamento (alongamento     alto))
( orcamento (faixa-de-dureza  acima))
)
```

A seguir, o usuário executa o programa CLIPS, e carrega o Sistema Especialista da seguinte forma:

```

CLIPS> (load seco.txt)
Defining deftemplate: orcamento
Defining defrule: peso-panela +j
Defining defrule: peso-ponte +j
Defining defrule: dimensao-forno +j
Defining defrule: dimensao-caixa +j
Defining defrule: inspecao +j
Defining defrule: orcamento-aprovado +j+j+j+j+j+j
TRUE
CLIPS> (load fatos.txt)
Defining deffacts: orcamento
TRUE
CLIPS>
    
```

Após a carga o programa deve ser executado pelo comando RUN, onde: o comando (load seco.txt) carrega o programa com as regras e o comando (load fatos.txt) carrega o arquivo com os fatos apurados.

Em seguida no Menu do CLIPS, acessar a opção *Execution* e selecionar primeiro o comando *reset* e depois o comando *run*, como mostra a Figura 12.



Figura 12 - Tela de execução do programa CLIPS.

Após fazer isso o programa executa e dá as respostas referentes a análise técnica do orçamento, aprovando-o ou não.

O resultado da execução do sistema é apresentado logo a seguir, conforme mostra a Figura 13:

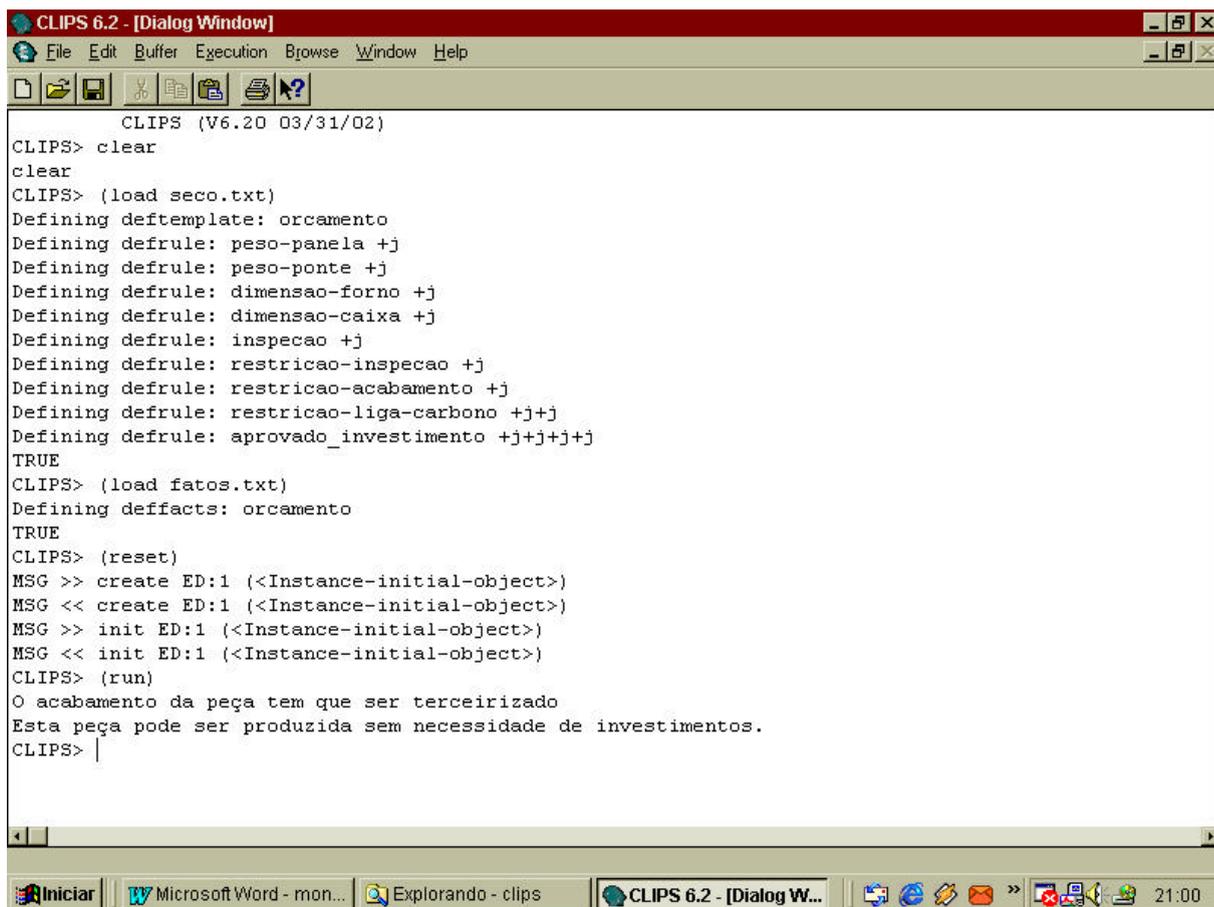


Figura 13 - Tela de resposta à execução do Sistema Especialista

Neste caso, as recomendações do Sistema Especialista são:

“O acabamento da peça tem que ser terceirizado.”

“Esta peça pode ser produzida sem necessidade de investimento.”

A primeira resposta indicando uma deficiência no setor de acabamento de peças, entretanto, sugere a terceirização da peça, porém baseando-se apenas na incapacidade de execução da exigência de acabamento requerida pelo produto. Futuramente pretende-se que o sistema SECO indique os possíveis fornecedores. A segunda é sua aprovação com relação à capacidade instalada.

Estes dados serão transpostos para o orçamento, por meio da carga da tabela `mx_orc_resultado`, utilizando o programa SEC0007, como mostra a Figura 14.

```

+-----+
|OPCAO:  Carga  Consultar  Seguinte  Anterior  Fim
|Carregar os dados do arquivo na tabela.
+-----+
|
|          Sistema Especialista Gestao de Orcamentos
|          Criacao do orcamento
|
|Num.Orcamento:[      5] [APROVADO ] [ANDAMENTO]
|
|Resultados :
|
|[ O acabamento da peça tem que ser terceirizado.      ]
|[ Esta peça pode ser produzida sem necessidade de     ]
|[ investimento.                                       ]
|[                                                       ]
|[                                                       ]
|[                                                       ]
|
+-----+
Ctrl: W=Help                                     | SECO007-03.10.01

```

Figura 14 – Primeira tela de resultados do SECO

Na tela da Figura 14, carrega-se o arquivo criado pelo Sistema Especialista, passando-o para o setor de formação de preço que se encarregará de encerrá-lo. Nesta tela pode-se ver também as mensagens fornecidas pelo Sistema Especialista e o estado em que se encontra este orçamento, no caso ele está pendente, aguardando continuidade da área de formação de preço. Quando este for concluído, seu estado mudará para “ENCERRADO”.

```

+-----+
|OPCAO:  Carga  Consultar  Seguinte  Anterior  Fim
|Carregar os dados do arquivo na tabela.
+-----+
|
|          Sistema Especialista Gestao de Orcamentos
|          Criacao do orcamento
|
|Num.Orcamento:[      5] Cliente  :[FRUEHALF ]
|
|      Macharia : Areia [CF7 ] [ 37.00] Kg [0.25] HH
|      Moldagem : [ 1.50] HH
|      Areia    : [CF1 ][FACEAMENTO ] [ 462.00] Kg
|      Disp./Calib. de Inspeção : [ 6000.00]
|
|Acabamento
|      Desmoldagem  :[ 0.080] Decapagem      :[ 0.170]
|      Corte/quebra :[ 0.250] Grafite       :[ 0.250]
|      Suspensao   :[ 0.250] E.n.d.        :[ 0.250] Total
|      Prensa      :[ 0.250] Reb/rec/calib:[ 2.500] [ 4.080]
|
|Protecao : [PINTURA ] [ 0.60] [ 0.25] HH
|Usinagem : [BRUTO   ]
|
+-----+
Ctrl: W=Help                                     | SECO008-03.10.01

```

Figura 15 – Segunda tela de resultados do SECO

```
+-----+
|OPCAO:  Carga  Consultar  Seguinte  Anterior  Fim
|Carregar os dados do arquivo na tabela.
+-----+
|
|          Sistema Especialista Gestao de Orcamentos
|          Criacao do orcamento
|Num.Orcamento:[      5] Cliente  :[FRUEHALF ]
|
|Lote Minimo      :[      38] [PC]
|Modelo de Madeira:[  1] [ 5000.00]
|Placa            :[   1] [ 500.00]
|Emplacamento   :[   50.00]
|Copias de resina :[   2] [ 10000.00]
|
+-----+
Ctrl: W=Help | SECO009-03.10.01
```

Figura 16 – Segunda tela de resultados do SECO

Nas telas mostradas nas Figuras 15 e 16 não há a necessidade de processamento pelo sistema SECO, uma vez que tais dados são preenchidos pela área de formação de preço.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou ser possível a aplicação de um Sistema Especialista em uma área produtiva de uma empresa de manufatura, sem investimentos em qualquer tipo de *hardware* ou *software*. Mostrou também como o processo de aquisição do conhecimento pode ser uma forte ferramenta na apuração e acesso a informação dentro da empresa. A partir desse processo, uma área sob domínio de poucos profissionais, pode passar a ser uma área aberta, independente e muito mais organizada. Além desses benefícios, o desenvolvimento do Sistema Especialista propiciou alcançar também outros objetivos da empresa, tais como: a geração e disponibilização de informações gerenciais para a administração da empresa; a simplificação do processo de análise de orçamento, liberando os funcionários para atividades relacionadas à criação e à especialização do conhecimento, deixando de lado as tarefas repetitivas; a possibilidade de enviar ao cliente informações mais rápidas e de melhor qualidade. Isso significa para empresa maior competitividade.

O desenvolvimento desse trabalho foi favorecido pela grande quantidade de recursos disponíveis na atualidade. Com o advento da Internet várias dúvidas são sanadas com excepcional rapidez. Informações de todo o mundo são acessíveis. O *shell* escolhido, o CLIPS, é uma poderosa ferramenta, bem atualizada e com inúmeros recursos e tem vasta literatura disponível livremente na *Internet*, em bibliotecas e grupos de discussão.

Em relação ao desenvolvimento de Sistemas Especialista, pode-se afirmar que se trata de um campo vasto com grandes perspectivas de evolução. Pesquisas na Internet mostraram enorme quantidade de sistemas já instalados e firmas especializadas no desenvolvimento desse tipo de programa.

O trabalho aqui desenvolvido deixa uma série de possibilidades de expansão, como a melhora nas interfaces. Abre-se também a possibilidade de levar essa técnica a outras áreas da produção, uma vez que a empresa, devido à sua idade, deixa margens para o surgimento de especialistas e a possibilidade de perda de informações. Outra melhoria também a destacar é a possibilidade de disponibilizar o programa na *Intranet* da empresa, de modo que os vendedores possam acessá-lo de qualquer lugar.

Também a implementação do módulo de estatísticas, que possibilitará a melhora no acesso e na qualidade dos dados técnicos e gerenciais controlados pelo sistema, fica como trabalho futuro a ser realizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEL, M. **Sistemas especialistas**. Porto Alegre: UFRGS – Instituto de Informática, 1998. 44p. Disponível em: <http://www.ppgia.pucpr.br/~scalabrin/SE_MILTON/>. Acesso em 21 jun. 2002.

CLIPS. **A tool for building expert systems**. Página oficial do software CLIPS. Disponível em <<http://www.ghg.net/clips/CLIPS.html>>. Acesso em: 01 fev. /2003.

DIN. Departamento de Informática, Universidade Estadual de Maringá. Página dedicada à Informática e Inteligência Artificial. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/ia/especialistas/>>. Acesso em 01 jan. 2003.

FERREIRA, A.B.H. **Novo Dicionário Aurélio**. 2. ed., Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.

GIARRATANO, J.; RILEY, G. **Expert systems: principles and programming**. 3. ed., Boston: PWS, 1998.

KANT, I. **Crítica da Razão Pura**. São Paulo: Nova Cultura, 1996.

LIEBOWITZ, J. Expert systems: a short introduction. **Engineering Fracture Mechanics**, Oxford, v. 50. n. 5-6, p. 601-607, mar-apr., 1995.

MENDES, R.D. Inteligência artificial: sistemas especialistas no gerenciamento da informação. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 26, i. 1, p. 2092, jan-abr., 1997.

MORALES, A.; CREUS, A.; CARVAJAL, J. **A WWW-Based Expert System Advisor for the Diagnostic of Network Communication Problems**. Department of Electrical and Computer Engineering, University of Puerto Rico at Mayag. Disponível em: <<http://mayaweb.upr.clu.edu/~anibal/papers/nexpertADMI.pdf>>. Acesso em 01 fev. 2003.

NEWELL, A.; SIMON, H.A. **GPS**: a program that simulates human thought. In: FEIGENBAUM, E.A.; FELDMAN, J.A. (Eds.). **Computers and thought**. New York: McGraw-Hill, 1963.

OSHIRO, A.; NOVELLI, A.D.P.; LUCENA, P. **Aquisição de conhecimento**. 2002. 32 f. Monografia (Disciplina: Inteligência Artificial) – Universidade de São Paulo, Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos, São Carlos, 2002. Disponível em: <<http://www.icmsc.sc.usp.br/~solange/IA/Aconhec1.html>>. Acesso em: 01 fev. 2003.

RICH, E. **Inteligência artificial**. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.

SACHET, A. **Sistema especialista para auxiliar no diagnóstico de pragas e doenças**. 2000. 79 f. Dissertação (Curso de Graduação em Ciência da Computação) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Frederico Westphalen, Departamento de Engenharia e Ciências da Computação, 2000.

SENNE, E.L.F. **Arquitetura de sistemas especialistas**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1986. Relatório Técnico INPE-4082-TDL/250.

SINTA. Universidade Federal do Ceará, Laboratório de Inteligência Artificial. Página do Laboratório de Inteligência Artificial, dedicada ao shell SINTA. Disponível em: <<http://www.lia.ufc.br/~bezerra/exsinta/exsintashell.htm>>. Acesso em 01 fev. 2003.

SONAR, R.M. Integrating intelligent systems using an SQL-database. **Expert system with applications**, v. 17, i. 1, p. 45-49, July 1999.

SOUZA, F.J. Base de Dados e Engenharia do Conhecimento. Revista TI. Disponível em: <http://www.timaster.com.br/revista/artigos/main_artigo.asp?codigo=35>. Acesso em 01 dez. 2002.

APÊNDICE 1 – Conteúdo do Arquivo SECO.TXT

Templates

```
(deftemplate MAIN::orcamento
  ( slot peso-panela )
  ( slot peso-ponte )
  ( slot dimensao-forno )
  ( slot dimensao-caixa )
  ( slot inspecao )
  ( slot acabamento )
  ( slot carbono-min )
  ( slot carbono-max )
  ( slot manganes-min )
  ( slot manganes-max )
  ( slot silicio-min )
  ( slot silicio-max )
  ( slot fosforo )
  ( slot enxofre )
  ( slot cromo-min )
  ( slot cromo-max )
  ( slot molibdenio-min )
  ( slot molibdenio-max )
  ( slot niquel )
  ( slot boro )
  ( slot titanio )
  ( slot zirconio )
  ( slot vanadio )
  ( slot cobre )
  ( slot aluminio-min )
  ( slot aluminio-max )
  ( slot mx-carbono-min )
  ( slot mx-carbono-max )
  ( slot mx-manganes-min )
```

```
( slot mx-manganes-max )
( slot mx-silicio-min )
( slot mx-silicio-max )
( slot mx-fosforo )
( slot mx-enxofre )
( slot mx-cromo-min )
( slot mx-cromo-max )
( slot mx-molibdenio-min )
( slot mx-molibdenio-max )
( slot mx-niquel )
( slot mx-boro )
( slot mx-titanio )
( slot mx-zirconio-min )
( slot mx-zirconio-max )
( slot mx-vanadio )
( slot mx-cobre )
( slot mx-aluminio-min )
( slot mx-aluminio-max )
( slot limite-resistencia )
( slot escoamento )
( slot alongamento )
( slot dureza )
( slot mx-limite-resistencia )
( slot mx-escoamento )
( slot mx-alongamento )
( slot mx-dureza )
)
```

Regras de Produção

```
(defrule MAIN::peso-panela
  (orcamento (peso-panela fora-limite))
  =>
```

```
(printout t "Não há panela de vazamento adequada a esta  
peça/placa" crlf))
```

```
(defrule MAIN::peso-ponte  
  (orcamento (peso-ponte fora-limite))  
  =>  
  (printout t "Não há ponte que comporte o peso desta  
peça/placa" crlf))
```

```
(defrule MAIN::dimensao-forno  
  (orcamento (dimensao-forno fora-limite))  
  =>  
  (printout t "As dimensões de nossos fornos não permitem  
tratar esta peça" crlf))
```

```
(defrule MAIN::dimensao-caixa  
  (orcamento (dimensao-caixa fora-limite))  
  =>  
  (printout t "Não existem caixas com dimensões que permitam  
o vazamento dessa peça" crlf))
```

```
(defrule MAIN::inspecao  
  (orcamento (inspecao nao-atende))  
  =>  
  (printout t "Não atendemos a todos os requisitos para  
inspecionar essa peça." crlf))
```

```
(defrule restricao-inspecao  
  (orcamento (inspecao nao-atende))  
  =>  
  (printout t "A inspecao da peça tem que ser terceirizada."  
crlf))
```

```
(defrule MAIN::acabamento
  (orcamento (acabamento nao-atende))
  =>
  (printout t "Não atendemos a todos os requisitos de
acabamento dessa peça." crlf))
```

```
(defrule restricao-acabamento
  (orcamento (acabamento nao-atende))
  =>
  (printout t "O acabamento da peça tem que ser terceirizado"
crlf))
```

```
(defrule aprovado_investimento
  (orcamento (peso-panela dentro-limite))
  (orcamento (peso-ponte dentro-limite))
  (orcamento (dimensao-forno dentro-limite))
  (orcamento (dimensao-caixa dentro-limite))
  =>
  (printout t "Esta peça pode ser produzida sem necessidade
de investimentos." crlf )
  )
```

```
(defrule resistencia
  ( limite-resistencia ?resist)      (mx-limite-resistencia ?mx-
resist)
  ( test ( < ?mx-resist ?resist))
  =>
  (printout t "Limite de resistencia inferior ao solicitado
pelo cliente.
Faça nova avaliação com um aço de maior Limite de
resistência." crlf))
```

```
(defrule escoamento-alongamento
```

```
( escoamento ?escoa)      (mx-escoamento ?mx-escoa)
( alongamento ?along)    (mx-alongamento ?mx-along)
( test ( > ?escoa (* ?mx-escoa 1.05)))
( test ( > ?along (* ?mx-along 1.05)))
=>
  (printout t "Ductilidade da peça prejudicada." crlf))

(defrule dureza
  ( dureza ?dureza)      (mx-dureza ?mx-dureza)
  ( test ( < ?mx-dureza ?dureza))
=>
  (printout t "Prever tratamento adicional de endurecimento
superficial." crlf))

;----- Analise da composição química

(defrule carbono-minimo
  ( carbono-min ?min-cl-c)  (mx-carbono-min ?min-mx-c)
  ( test ( < ?min-cl-c ( - ?min-mx-c ( * ?min-mx-c 0.20 ))))
=>
  (printout t "Carbono solicitado abaixo do limite de
segurança." crlf))

(defrule carbono-maximo
  ( carbono-max ?max-cl-c)  (mx-carbono-max ?max-mx-c)
  ( test ( > ?max-cl-c ( * ?max-mx-c 1.20)))
=>
  (printout t "Carbono solicitado acima do limite de
segurança." crlf))

(defrule manganes
  ( manganes-min ?min-cl-mn)  (mx-manganes-min ?min-mx-mn)
  ( manganes-max ?max-cl-mn)  (mx-manganes-max ?max-mx-mn)
```

```
( test ( > ?max-cl-mn ( * ?max-mx-mn 1.05)))
( test ( < ?min-cl-mn ( - ?min-mx-mn ( * ?min-mx-mn 0.05
))))
( test ( <> 0 ( + ?min-cl-mn ?max-cl-mn)))
=>
(printout t "Manganes está fora da faixa aceitável." crlf))

(defrule silicio
( silicio-min ?min-cl-si) (mx-silicio-min ?min-mx-si)
( silicio-max ?max-cl-si) (mx-silicio-max ?max-mx-si)
( test ( > ?max-cl-si ( * ?max-mx-si 1.30)))
( test ( < ?min-cl-si ( - ?min-mx-si ( * ?min-mx-si 0.30
))))
( test ( <> 0 ( + ?min-cl-si ?max-cl-si)))
=>
(printout t "O Silicio está fora da faixa aceitável." crlf))

(defrule fosforo
( fosforo ?cl-ph) (mx-fosforo ?mx-ph)
( test ( > ?cl-ph ( * ?mx-ph 1.25)))
( test ( < ?cl-ph ( - ?mx-ph ( * ?mx-ph 0.25 ))))
( test ( <> 0 ?cl-ph))
=>
(printout t "O Fosforo está fora da faixa aceitável." crlf))

(defrule enxofre
( enxofre ?cl-s) (mx-enxofre ?mx-s)
( test ( > ?cl-s ( * ?mx-s 1.25)))
( test ( < ?cl-s ( - ?mx-s ( * ?mx-s 0.25 ))))
( test ( <> 0 ?cl-s))
=>
(printout t "O Enxofre está fora da faixa aceitável." crlf))

(defrule cromo
```

```
( cromo-min ?min-cl-cr)      (mx-cromo-min ?min-mx-cr)
( cromo-max ?max-cl-cr)      (mx-cromo-max ?max-mx-cr)
( carbono-min ?min-cl-c)     (mx-carbono-min ?min-mx-c)
( carbono-max ?max-cl-c)     (mx-carbono-max ?max-mx-c)
( test ( > ?max-cl-cr ( * ?max-mx-cr 1.15)))
( test ( < ?min-cl-cr ( - ?min-mx-cr ( * ?min-mx-cr 0.20
))))
( test ( <= ?max-cl-c ( * ?max-mx-c 1.15)))
( test ( >= ?min-cl-c ( - ?min-mx-c ( * ?min-mx-c 0.15 )))
( test ( <> 0 ( + ?min-cl-cr 0 ?max-cl-cr)))
=>
  (printout t "Dentro do atual índice de carbono, o cromo está
fora da faixa aceitável." crlf))

(defrule molibdenio
  ( molibdenio-min ?min-cl-mo)      (mx-molibdenio-min ?min-mx-
mo)
  ( molibdenio-max ?max-cl-mo)      (mx-molibdenio-max ?max-mx-
mo)
  ( test ( > ?max-cl-mo ( * ?max-mx-mo 1.25)))
  ( test ( < ?min-cl-mo ( - ?min-mx-mo ( * ?min-mx-mo 0.25
))))
  ( test ( <> 0 ( + ?min-cl-mo ?max-cl-mo)))
=>
  (printout t "O Molibdenio está fora da faixa aceitável."
crlf))

(defrule niquel
  ( niquel ?cl-ni)      (mx-niquel ?mx-ni)
  ( or ( test ( > ?cl-ni ( * ?mx-ni 1.25)))
        ( test ( < ?cl-ni ( - ?mx-ni ( * ?mx-ni 0.25 )))))
  ( test ( <> 0 ?cl-ni))
=>
  (printout t "O Níquel está fora da faixa aceitável." crlf))
```

```
(defrule boro
  ( boro ?cl-bo)    (mx-boro ?mx-bo)
  ( test ( > ?cl-bo ( * ?mx-bo 1.25)))
  ( test ( < ?cl-bo ( - ?mx-bo ( * ?mx-bo 0.25 ))))
  ( test ( <> 0 ?cl-bo))
=>
  (printout t "O Boro está fora da faixa aceitável." crlf))

(defrule titanio
  ( titanio ?cl-ti)  (mx-titanio ?mx-ti)
  ( test ( > ?cl-ti ( * ?mx-ti 1.25)))
  ( test ( < ?cl-ti ( - ?mx-ti ( * ?mx-ti 0.25 ))))
  ( test ( <> 0 ?cl-ti))
=>
  (printout t "O Titanio está fora da faixa aceitável." crlf))

(defrule titanio-molibidenio
  ( titanio ?cl-ti)  (mx-titanio ?mx-ti)
  ( test ( = 0 ?cl-ti))
  ( test ( <> 0 ?cl-ti))
=>
  (printout t "A falta de exigência do Titanio permite o uso
do Molibidenio." crlf))

(defrule zirconio
  ( zirconio ?cl-zr)  (mx-zirconio ?mx-zr)
  ( test ( > ?cl-zr ( * ?mx-zr 1.25)))
  ( test ( < ?cl-zr ( - ?mx-zr ( * ?mx-zr 0.25 ))))
  ( test ( <> 0 ?cl-zr))
=>
  (printout t "O Zirconio está fora da faixa aceitável."
crlf))
```

```
(defrule vanadio
  ( vanadio ?cl-va)    (mx-vanadio ?mx-va)
  ( test ( > ?cl-va ( * ?mx-va 1.25)))
  ( test ( < ?cl-va ( - ?mx-va ( * ?mx-va 0.25 ) )))
  ( test ( <> 0 ?cl-va))
=>
  (printout t "O Vanadio está fora da faixa aceitável." crlf))
```

```
(defrule cobre
  ( cobre ?cl-cu)    (mx-cobre ?mx-cu)
  ( test ( > ?cl-cu ( * ?mx-cu 1.25)))
  ( test ( < ?cl-cu ( - ?mx-cu ( * ?mx-cu 0.25 ) )))
  ( test ( <> 0 ?cl-cu))
=>
  (printout t "O Cobre está fora da faixa aceitável." crlf))
```

```
(defrule aluminio
  ( aluminio-min ?min-cl-al)    (mx-aluminio-min ?min-mx-al)
  ( aluminio-max ?max-cl-al)    (mx-aluminio-max ?max-mx-al)
  ( test ( > ?max-cl-al ( * ?max-mx-al 1.25)))
  ( test ( < ?min-cl-al ( - ?min-mx-al ( * ?min-mx-al 0.25
))))
  ( test ( <> 0 ( + ?min-cl-al ?max-cl-al)))
=>
  (printout t "O Alumínio está fora da faixa aceitável."
crlf))
```

```
; ----- COMPENSAÇÃO
```

```
(defrule compensacao
  ( carbono-min ?min-cl-c)    (mx-carbono-min ?min-mx-c)
  ( carbono-max ?max-cl-c)    (mx-carbono-max ?max-mx-c)
  ( cromo-min ?min-cl-cr)    (mx-cromo-min ?min-mx-cr)
  ( cromo-max ?max-cl-cr)    (mx-cromo-max ?max-mx-cr)
```

```
( test ( > 0 (- ?min-cl-c ?min-mx-c)))
; A diferença está entre 0 e
( test ( < (- ?min-cl-c ?min-mx-c)( * ?min-mx-c 0.15)))
; 15% - Deverá haver uma
( test ( > ?max-mx-cr (+ ?max-cl-cr (* ?max-cl-cr 0.20))))
; compensação com cromo
( test ( > ?min-mx-cr (+ ?min-cl-cr (* ?min-cl-cr 0.20))))
=>
(printout t "Quantidade de cromo de nossa liga, superior á
do cliente, compensa a menor qtd de carbono." ))
```

Fatos

```
(deffacts orcamento "Fatos gerados apos lançamentos em tela"
  (peso-panela dentro-limite)
  (peso-ponte dentro-limite)
  (dimensao-forno dentro-limite)
  (dimensao-caixa dentro-limite)
  (inspecao atende)
  (acabamento atende)
  (carbono-min 0.250)
  (carbono-max 0.330)
  (manganes-min 0.850)
  (manganes-max 1.250)
  (silicio-min 0.300)
  (silicio-max 0.600)
  (fosforo 0.040)
  (enxofre 0.040)
  (cromo-min 0.045)
  (cromo-max 0.075)
  (molibidenio-min 0.280)
  (molibidenio-max 0.420)
  (niquel 0)
  (boro 0))
```

(titanio	0)
(zirconio	0)
(vanadio	0.020)
(cobre	0.300)
(aluminio-min	0.020)
(aluminio-max	0.060)
(mx-carbono-min	0.240)
(mx-carbono-max	0.350)
(mx-manganes-min	0.800)
(mx-manganes-max	1.100)
(mx-silicio-min	0.400)
(mx-silicio-max	0.800)
(mx-fosforo	0.035)
(mx-enxofre	0.035)
(mx-cromo-min	0.045)
(mx-cromo-max	0.070)
(mx-molibdenio-min	0.200)
(mx-molibdenio-max	0.400)
(mx-niquel	0.400)
(mx-boro	0.700)
(mx-titanio	0.025)
(mx-zirconio-min	0.025)
(mx-zirconio-max	0.060)
(mx-vanadio	0)
(mx-cobre	0)
(mx-aluminio-min	0.020)
(mx-aluminio-max	0.050)
(limite-resistencia	45)
(escoamento	22)
(alongamento	24)
(dureza	130)
(mx-limite-resistencia	45)
(mx-escoamento	22)
(mx-alongamento	25)

(mx-dureza 138)
)

APÊNDICE 2 - Tabelas do Sistema

```
{ TABLE am_orcamento

    num_orcamento smallint,
    cliente char(15),
    data date,
    material char(10),
    limite_resist decimal(12,4),
    limite_escoa decimal(12,4),
    alongamento integer,
    faixa_dureza decimal(10,4),
    altura decimal(10,2),
    largura decimal(10,2),
    comprimento decimal(10,2),
    altura_pl decimal(10,2),
    largura_pl decimal(10,2),
    comprimento_pl decimal(10,2),
    montagem char(1),
    acabamento char(10),
    solda char(1)
);
```

```
{ TABLE am_orc_result

    num_orcamento smallint,
    num_sequencia serial,
    Resultado char(60)
);
```

```
{ TABLE am_orc_liga

    num_orcamento smallint,
    elemento_liga char(2),
```

```
    perc_min decimal(10,3),
    perc_max decimal(10,3)
);

{ TABLE am_orc_tolerancia

    num_orcamento smallint,
    descr_tolerancia char(10),
    medida decimal(12,4)
);

{ TABLE am_materiais

    material char(10),
    descricao char(50),
    sae integer,
    lim_resistencia decimal(12,4),
    lim_escoamento decimal(12,4),
    alongamento integer,
    faixa_dureza decimal(10,4)
);

{ TABLE am_materiais_comp
(
    material char(10),
    elemento_liga char(2),
    perc_min decimal(10,2),
    perc_max decimal(10,2)
);

{ TABLE am_trat_termico

    tratamento char(10),
    descricao char(50)
```

```
);

{ TABLE am_tolerancia

    descr_tolerancia char(10),
    medida decimal(12,4)
);

{ TABLE am_inspecao

    tipo_inspecao char(20),
    descricao char(50)
);

{ TABLE am_fornos_trat

    forno char(10),
    altura decimal(12,4),
    largura decimal(12,4),
    profundidade decimal(12,4)
);

{ TABLE am_pontes

    codigo_ponte char(10),
    capacidade decimal(12,4)
);

{ TABLE am_panels

    cod_panels char(10),
    capacidade decimal(12,4)
);
```

```
{ TABLE am_acabamento

    tipo_acabamento char(10),
    descricao char(50)
);

{ TABLE am_caixas

    cod_caixa char(10),
    altura decimal(12,4),
    largura decimal(12,4),
    profundidade decimal(12,4)
);
```

ANEXO 1 – Modelos de Documentos

Modelo 1: Solicitação de Formação de Preços

Data: 22/10

Amsted MAXION SOLICITAÇÃO DE FORMAÇÃO DE PREÇOS **118/02**

FUNDO E EQUIPAMENTOS FERROVIÁRIOS S.A.

NOME		CBL		FOCHA	
ENDEREÇO				SOLICITAÇÃO Nº 25009	
CIVILIDADE				DATA DE RESPOSTA 22.10.02	
MOTIVO	ESOLA				
	ENTRADA				
	SAÍDA				
	RUBRICA				

ITEM	QUANTIDADE	DISCRIMINAÇÃO	ORÇAMENTO Nº
01	50/ANO	PROTECTOR 9N 4621 -6-	134
		DESD EST. = 80 KG	
		* PESA ACABADA/COM PINTURA ACABAMENTO ALQUILICO	
		* COTAR MODELO / CALIBRES	

DADOS PARA ORÇAMENTO

NÍVEL DE PREÇOS: <u>SET/02</u>	TRANSPORTE	FERRAMENTAS	ARMANDO
CONDIÇÕES DE PAGAMENTO	EMBALAGEM	BOCOMÃO	ABRIDO
CONDIÇÕES	TESTES, INSPEÇÃO E ESPECIFICAÇÕES ESPECIAIS	MONTAD	SEM DESMONTAGEM
OUTRAS CONDIÇÕES DE VENDAS:	FERRAMENTAL	DESMONTAD	
UNIDADE FEDERATIVA / MATURA: <u>SP</u>	CONSUMIDOR FINAL	PROJETO	PROJETO FERRAMENTAL
LOTE BASE (PROJETO/SERIE OU PEDIDO):	SIM	ORÇAMENTO	BÁSICO
PRODUÇÃO MENSAL:	NÃO	ALTERNATIVO	ALTERNATIVO
ATUALIZAÇÃO DO ORÇAMENTO ANTERIOR	Nº:	PRazo P/ RESPOSTA	1 / 1
LOCAL DE ENTREGA	ELEMENTOS ANEXOS	SOLICITANTE	
<input checked="" type="checkbox"/> FCB	LISTA DE MATERIAIS	DATA	30.09.02
<input type="checkbox"/> CF	LISTA DE SOBRESSALIENTES	CARIMBO E ASSINATURA	
<input type="checkbox"/> CEF	<input checked="" type="checkbox"/> DESENHOS		
	ESPECIFICAÇÕES		

1º ESTÍMIO - ORÇAMENTO DE FORMAÇÃO DE PREÇOS 2º VALOR DEFINITIVO

Modelo 2 – Análise Crítica

Importante!				
<input type="checkbox"/>	cliente forneceu todos os desenhos e especificações necessários para avaliação?	Sim	Não	Parcialmente
<input type="checkbox"/>	É recomendável formar proposta baseado nos dados recebidos?			

Check-List para análise crítica de orçamento.				
	Sim	Não	Sem especificação para avaliarmos	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Modelo 3 – Orçamento de Fundidos

MAXION <small>INDUSTRIAL DE FUNDIÇÃO DE AÇO</small>		ORÇAMENTO DE FUNDIDOS		SFP 148/02	Org. 437
Cód. peça	Descrição	Desenho	Cliente		
Protector	(9N-4621 revisão 06	CBL			
Med. placa: 2 Metal: H	Preço/copa/Kg: 80.00 Rend./%k: 55.00	Preço/placa: 145.45 Lote: 50/ano			
Macharia	Qtd. mach.: 1	Frat. Térmico			
Área (kg)	Área: 0.25	Interno		Externo	
CF1	área 1	NTR			
CF2	área 2	Acabamento (h/h)			
CF3	área 3				
CF4	área 4				
CF5		Desmoldagem 0.080			
CF6		Corta/Cubra 0.260			
CF7	32.00	Docagem 0.170			
		Grafite 0.250			
		Suspensão 0.250			
		E. n. d. 0.330			
		Prensa 0.250			
		Reb. rec. calor. 2.500			
		Total: 4.080			
Moldagem	cc: 661				
Equipe:	Moldes/litro:				
Área: 1.50					
Dim. das copas: 51x37x10(F) 10(T)					
Área (kg)		Tipos de proteção			
A	CF4	<input checked="" type="checkbox"/>	pintura:	0.60 Kg	0.25 h/h
R	CF5	<input type="checkbox"/>	oleamento:	Kg	h/h
D	CF6	<input type="checkbox"/>	caixa (dim.):		
CF1 (faceam.)	CF7	<input type="checkbox"/>	palet (dim.):		
CF2	CF8 (enchim.)		Custo de embalagem (R\$):		
CF3			Quant. de embalagem:		
Disp. calib. de inspeção (R\$):	6.000,00	Usinagem			
Rato X (R\$):		final <input type="checkbox"/>	pré-us. <input type="checkbox"/>	desbastado <input type="checkbox"/>	bruto <input checked="" type="checkbox"/>
Disp. para usinagem (R\$):		operação	h/mq.	set-up	lote
Modelação (R\$):					
<p>Lote mínimo: 38 peças</p> <p>01 modelo de madeira: R\$ 5.000,00</p> <p>01 par de placas: R\$ 1.000,00</p> <p>Emplacamento: R\$ 500,00</p> <p>02 cópias de resina: R\$ 10.000,00</p> <p>Emplacamento: R\$ 1.000,00</p>					

Elaborado Aprovado
23/10/02 Carlos

Modelo 4 – Condições Técnicas de Fornecimento

Página 2 de 2

MAXION		CONDIÇÕES TÉCNICAS DE FORNECIMENTO		SFP	Orç
RESPONSABILIDADE TÉCNICA MÁXION				148/02	437
Cód. da peça	Descrição	Desenho	Cliente		
Protector		9N-4621 revisão 06	CBL		
<u>Comp. quim. (Cliente)</u>		<u>Comp. quim. (Maxion)</u>			
1E-1076		Aço Maxion H			
	min. máx.		min. máx.		
C:	0.250 0.330	C:	0.240 0.320		
Mn:	0.850 1.250	Mn:	0.800 1.100		
Si:	0.400 0.800	Si:	0.300 0.600		
P:	0.040	P:	0.035		
S:	0.040	S:	0.035		
Cr:	0.450 0.750	Cr:	0.450 0.700		
Mo:	0.280 0.420	Mo:	0.200 0.400		
Ni:	PERMITIDO	Ni:	0.400 0.700		
B:	SEM BORO EFETIVO	B:	0.003 0.035		
Ti:		Ti:	0.025		
Zr:		Zr:	0.025 0.050		
V:	0.020	V:			
Cu:	0.300	Cu:			
Al:	0.020 0.060	Al:	0.020 0.050		

1- As especificações propostas pela Amsted-Maxton serão mandatórias em caso de colocação de pedido, se nada for especificado em contrário.

2- O peso estimado através de cálculo ou informação do cliente está sujeito a confirmação.

3- Os prazos de desenvolvimento e produção estão sujeitos a confirmação, em caso de colocação de pedido.

4- Lote mínimo: 38 peças.

Elaborado: Aprovado:
23/10/02 Carlos

fichafund.xls

MAXION

SF# 000

Ord.

MAXION S.A. - FUNDIÇÃO DE AÇO

CONDIÇÕES TÉCNICAS DE FORNECIMENTO

148/02

437

Cód. da peça	Descrição		Desenho		Cliente		
	Protector		9N-4621 revisão 06		CBL		
Especificações Cliente			Proposta Amisco-MAXION				
Material	1E-1076		Aço Maxion H				
Trat. Térmico	NTR		NTR				
Propriedades Mecânicas	LR: xxxx Mpa	LE: xxxx Mpa	LR: xxxx Mpa	LE: xxxx Mpa			
Comp. Quím. (vide verso)	A: xxxx %	RA: xxxx %	A: xxxx %	RA: xxxx %			
Faixa de Dureza (HB)	415 - 480 (min. 390 através da seção)		ok				
Têmpera Diferencial							
Têmpera a Chama							
Têmpera por Indução							
Tolerâncias de Perfil	conforme desenho		ok				
Tolerâncias Dimensionais	1E2679		ok				
Partículas Magnéticas	xxxx		xxxx				
Ultrassom	xxxx		xxxx				
Radiografia	xxxx		xxxx				
Líquido Penetrante	xxxx		xxxx				
Ensaio de Impacto	xxxx		xxxx				
Corpo de Prova	xxxx		ASTM-A370 (representativo de corrida)				
Acabamento	Bruto	<input checked="" type="checkbox"/>	Pré-us.	<input type="checkbox"/>	Bruto	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Usinada	<input type="checkbox"/>		Usinada	<input type="checkbox"/>	Desbastada	<input type="checkbox"/>
Aspecto Superficial							
Certificados	A. química	<input checked="" type="checkbox"/>	Ens. mec.	<input checked="" type="checkbox"/>	A. química	<input checked="" type="checkbox"/>	
	END	<input checked="" type="checkbox"/>			END	<input checked="" type="checkbox"/>	
Proteção	Pintura	<input checked="" type="checkbox"/>	Embalagem	<input type="checkbox"/>	Pintura	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Cleanroom	<input type="checkbox"/>			Cleanroom	<input type="checkbox"/>	
Prazos	Desenvolvimento:		dias		Desenvolvimento:		
					120 dias		
		Produção:		dias		Produção:	
						30 dias	
Peso considerado:	80 kg	<input checked="" type="checkbox"/>	informado pelo cliente	<input type="checkbox"/>	calculado	<input type="checkbox"/>	
						real	

fichafund.xls

GLOSSÁRIO

Aciaria – Local onde ficam os fornos responsáveis pela obtenção do aço fundido.

Areia verde – Nome dado ao processo de fabricação de moldes, onde se utiliza a areia úmida.

Caixa de vazamento – São compartimentos utilizados para conter a areia utilizada na moldagem.

Cura frio – É o processo de secagem de moldes e/ou machos que não se utiliza aquecimento da areia para o seu endurecimento

Fornos – São utilizados para obtenção do aço líquido. Normalmente são fornos por arco elétricos, ou seja, se utilizam de eletrodos que geram o arco elétrico e o conseqüente aquecimento do minério até seu ponto de fusão.

Panela de Vazamento – Recipiente que se utiliza para retirar o aço fundido do forno para retirar o aço fundido do forno para a área de vazamento. A panela é feita em aço revestida internamente por tijolos refratários.

Macho – É uma parte do molde de areia, fabricado separadamente e colocado em sua cavidade.. É utilizado para formar as partes vazadas (ocas) das peças.

Massalote – Reservatório de metal líquido utilizado para deslocar o rechupe da peça para si.

Moldes de Grafite – Os moldes utilizados em uma fundição são classificados em permanentes e não permanentes. Os moldes não permanentes são fabricados em areia e utilizados uma única vez. Os moldes permanentes podem ser de aço ou grafite, podendo ser utilizados várias vezes. O molde tem a forma exata da peça ser fabricada.

Ponte Rolante – Equipamento que se movimenta em trilhos laterais aéreos, utilizado para fazer a movimentação de peças.

Shell Molding – Moldagem em casca; este processo de machos permite que sejam estocados , garante melhor acabamento, porém é mais caro que os processos convencionais em areia.