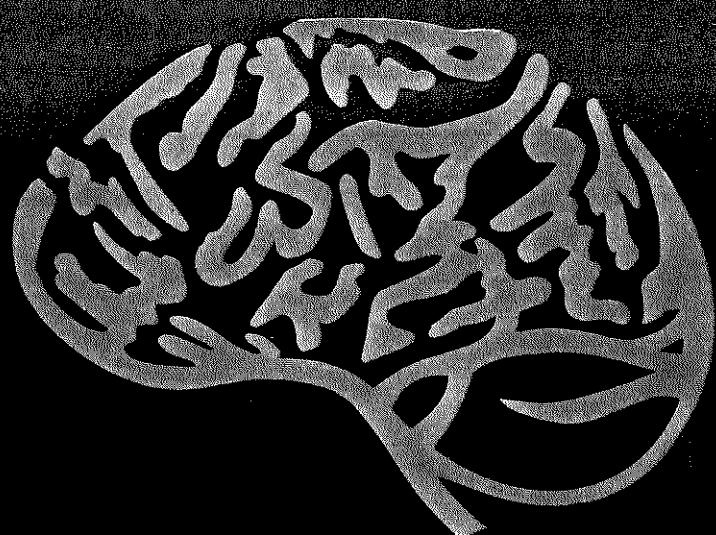


# I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE

RIO CLARO - SP - 8 A 10 DE SETEMBRO DE 1993



**unesp**  
Rio Claro

**GIA** GRUPO DE  
INTELIGÊNCIA  
ARTIFICIAL

Sociedade Brasileira de Automática

|   |            |
|---|------------|
| <b>PLANEJAMENTO USANDO EXPERIÊNCIAS ANTERIORES</b><br>R.L.Freitas (UNESP)<br>J.P.A.Prado (UNESP)<br>G.S.Nakamiti (UNESP)<br>I.R.Guilherme (UNESP)<br>M.Rillo (EPUSP)  | <b>339</b> |
| <b>A LOGIC PROGRAMMING APPROACH TO KNOWLEDGE-BASED CONTROL SYSTEMS</b><br>D.Renaux (CEFET-PR)<br>P.Dasiewicz (Canadá)   | <b>347</b> |
| <b>OS PROBLEMAS NA AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO</b><br>S.G.Domingues (EESC-USP)<br>H.Cunha Jr. (EESC-USP)  | <b>352</b> |
| <b>UMA ANÁLISE DE COMPLEXIDADE EM PLANEJAMENTO DE ATIVIDADES</b><br>C.R.Lopes (EPUSP)<br>J.N. de Souza (UFU)<br>M.Rillo (EPUSP)   | <b>361</b> |
| <b>TAILORING A* FOR A MASSIVELY PARALLEL MACHINE: APPLICATION TO THE TRAVELING SALESMAN PROBLEM</b><br>A.A.Freitas (UFSCar)<br>C.Kirner (UFSCar)  | <b>371</b> |
| <b>SISTEMA DE PROJEÇÃO DE VISTA EM CORTE POR COMPUTADOR</b><br>C.R.Brito (EPUSP)<br>J.K.Naufal Júnior (EPUSP)<br>A.F. de Moraes (EPUSP)   | <b>381</b> |
| <b>A RESOURCE BASED BRANCH AND BOUND ALGORITHM FOR FLOW SHOP SCHEDULING</b><br>M.T.M.Rodrigues (UNICAMP)<br>C.A.S.Passos (UNICAMP)<br>L.G.Latre (UNICAMP)<br>M.F.D. e Campos (UNICAMP)                      | <b>393</b> |
| <b>THE ROLE OF DESCRIPTION LANGUAGES IN INDUCTIVE CONCEPT LEARNING</b><br>M.C.Nicoletti (UFSCar)<br>M.C.Monard (ILTC/USP)   | <b>403</b> |
| <b>MODELAMENTO DE PROBLEMAS DE CONFIGURAÇÃO DE SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO DE DECISÃO COM RESTRIÇÕES</b><br>N.Kagan (EPUSP)<br>J.Bigham (University of London) | <b>413</b> |
| <b>IMPLANTAÇÃO DE MÓDULOS AUTOMÁTICOS DE PLANEJAMENTO DE OPERAÇÕES EM SISTEMAS CAPP</b><br>S.R.Rodrigues (ILTC/USP)<br>H.Rozenfeld (EESC-USP)<br>M.C.Monard (ILTC-USP)                                      | <b>421</b> |
| <b>UMA SOLUÇÃO DE INTEGRAÇÃO DA MANUFATURA ATRAVÉS DO SEU GERENCIAMENTO</b><br>H.Rozenfeld (EESC-USP)<br>S.Takahashi (EESC-USP)<br>A.J.Tiberti (EESC-USP)   | <b>431</b> |
| <b>UM MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE BASEADO EM REDES DE PETRI UTILIZADO NO DESENVOLVIMENTO DO GERENTE DE UMA CÉLULA FLEXÍVEL DE MANUFATURA</b><br>M.C.L.F.Braga (UFSC)<br>C.A.Martin (UFSC)         | <b>437</b> |

# OS PROBLEMAS NA AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO

SIMONE DAS GRAÇAS DOMINGUES

HENRIQUE CUNHA JR.

USP - Escola de Engenharia de São Carlos  
Dept. de Engenharia Elétrica  
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465  
13560-250 São Carlos - São Paulo

## RESUMO

Este artigo descreve sucintamente as fases da aquisição de conhecimento e alguns métodos ou técnicas geralmente usados neste processo. São discutidos os principais problemas encontrados. Por final é dado um exemplo de aquisição de conhecimento de especialistas em controladores PID aplicado a um motor DC.

0854621

SYSNO 0854621

## INTRODUÇÃO

Qualquer aplicação em Inteligência Artificial (IA) depende da forma de aquisição, retenção e manipulação do conhecimento.

Um sistema especialista (SE) deve ter uma estrutura eficiente para acumular, transferir e transformar o conhecimento do seu domínio. O conhecimento deve ser coerente e suficientemente profundo. Isto determinará a eficiência do SE ou do Sistema baseado em conhecimento (SBC). Um SBC não é tão especializado quanto um SE, e geralmente não possui procedimentos que expliquem sua linha de raciocínio, como é feito por um SE. Estas são suas duas diferenças básicas.

A aquisição do conhecimento é "o primeiro passo (...) no desenvolvimento de um SE" (Hoffman(1987,p.53)), sendo assim o seu elemento chave, "o gargalo na construção" (Barr & Feigenbaum (1981,p.10)).

Como dito por Goudard et al. (1992,p.01): "a aquisição de conhecimento consiste na extração do conhecimento específico de um ou mais especialistas num domínio e na transferência deste conhecimento obtido para máquina" em forma de alguma linguagem específica de aplicação.

O processo de aquisição de conhecimento pode ser muito trabalhoso, podendo consumir de 50 a 80% do esforço total para implementação do SE (ou do SBC). Isto se deve a vários fatores. Os mais marcantes são: a dificuldade de verbalização do conhecimento pelos especialistas, e a falta de tempo que eles (os especialistas) geralmente possuem.

O conhecimento pode ser adquirido de duas formas: em literatura publicada (livros, teses, dissertações, revistas, etc.), e/ou através de um especialista, como dito por Kumara et al. (1986,p.1109-1110).

O processo de aquisição de conhecimento pode ser dividido em cinco (05) fases: identificação do problema, conceituação, formalização, implementação e testes (onde são feitas as reformulações e refinamentos enquanto for necessário). Estas fases podem ser melhor vistas em Waterman (1986, p.152-161), Goudard et al. (1992, p.06-08), dentre outros.

As técnicas ou métodos usados para a extração do conhecimento de um especialista são discutidas por Waterman (1986, p.158-161), Goudard et al. (1992, p.14-26), Hart (1989,p.54-80) e Hoffman (1987, p.54-58) dentre outros.

O objetivo deste artigo é discutir alguns dos problemas da aquisição de conhecimento, mostrando as fases do processo, os métodos mais comuns usados na extração do conhecimento e por final descrever a experiência que os autores obtiveram quando estavam fazendo a extração do conhecimento de vários especialistas para a construção de um SBC que fizesse a sintonização dos parâmetros de um controlador do tipo PID que será aplicado num motor DC de forma a controlar sua velocidade.

Desta forma, o artigo constará de duas partes: uma teórica, dando uma breve revisão sobre as fases do processo, bem como dos métodos. E uma segunda, prática, mostrando a experiência dos autores numa aplicação específica.

## 1. UMA BREVE REVISÃO

A aquisição de conhecimento geralmente é feita através de entrevistas estruturadas (focadas) ou não (abertas). As entrevistas abertas são geralmente feitas para que o engenheiro de conhecimento (que tem o papel de entrevistador, geralmente) tome intimidade com o assunto, já que são terrivelmente ineficientes para descobrir o raciocínio que o especialista usa quando ele está resolvendo um problema.

As entrevistas estruturadas (ou focadas) direcionam a entrevista de forma que possa ser percebido o raciocínio do especialista. Estas entrevistas podem ser feitas acompanhando roteiros de acordo com os métodos existentes para extração de conhecimento, apesar de alguns autores considerarem a entrevista um método a parte.

Os métodos ou técnicas mais comuns na literatura são: observação no local de trabalho do especialista, discussão e/ou descrição do problema, análise de problemas com ou sem restrições, refinamento e exame da base de conhecimento. Estamos considerando que as entrevistas são instrumentos para estes métodos.

Os métodos/técnicas são:

a) observação das tarefas:

o especialista é observado no local de trabalho resolvendo as tarefas ou problemas reais do seu dia a dia. Uma análise destas tarefas executadas gera um primeiro passo da construção da base de conhecimento. Isto pode incluir leitura de manuais e textos afins. É normalmente usado para a familiarização do engenheiro de conhecimento com domínio. Não é um bom método para ser usado durante todo o processo, pois consome muito tempo e a extração do conhecimento é limitada;

b) discussão do problema:

o engenheiro de conhecimento explora os conjuntos de dados, conhecimentos e procedimentos necessários para a solução do problema, através da discussão com o especialista;

c) descrição do problema:

o engenheiro de conhecimento tem a descrição do especialista sobre o problema. Isto o ajuda a definir um protótipo. Este exercício pode sugerir caminhos para organizar hierarquicamente o conhecimento no SE/SBC;

d) análise do problema:

o engenheiro questiona o especialista sobre a solução de uma série de problemas, investigando como o especialista raciocinou para encontrar a solução dos problemas. O que pode ser feito, também, aqui é limitar as informações do problema ao especialista, assim ele será forçado a formular hipóteses, pensamentos estratégicos e heurísticas. Isto é muito proveitoso. Uma restrição também geralmente usada é a do tempo: o especialista tem de resolver um problema em um tempo limitado;

e) refinamento do sistema:

O engenheiro de conhecimento cria um SE ou um SBC que resolve problemas simples baseado nas primeiras informações extraídas do especialista. Depois vai aumentando a complexidade de acordo com as informações que vão sendo acrescentadas quando o especialista avalia a base de conhecimento e a máquina de inferência.

Deve ser observado que, como feito por Goudard et al. (1992, p.26), as técnicas e métodos empregados neste processo de aquisição de conhecimento são experimentais. Muitas destes métodos são

descritos com algumas diferenças ou possuem outras denominações. Isto porque este processo apesar de ser muito importante, só agora está tendo a devida atenção.

O desenvolvimento do processo de aquisição de conhecimento pode ser visto em cinco fases, não necessariamente na ordem abordada aqui. Na maioria destas fases há um trabalho conjunto do engenheiro de conhecimento e do especialista.

As fases são:

a) identificação:

nesta primeira fase são determinadas as características mais importantes do problema. Isto envolve definição dos possíveis participantes do processo de desenvolvimento (especialistas adicionais), os recursos (de tempo e computacionais) que serão necessários e as metas e objetivos de construção do SE;

b) conceituação:

aqui, são definidos os conceitos chaves, relações e mecanismos de controle necessários para solucionar o problema. O engenheiro de conhecimento não deve tentar conceituar o problema por completo. Isto pode trazer dificuldades. O interessante é conceituar o problema superficialmente numa primeira instância e na implementação perceber o que deve ser definido com mais clareza;

c) formalização:

esta fase implica no mapeamento dos conceitos chaves e sub-problemas isolados durante a conceituação num caminho formal usando ferramentas de construção de SE ou linguagens próprias para estes casos;

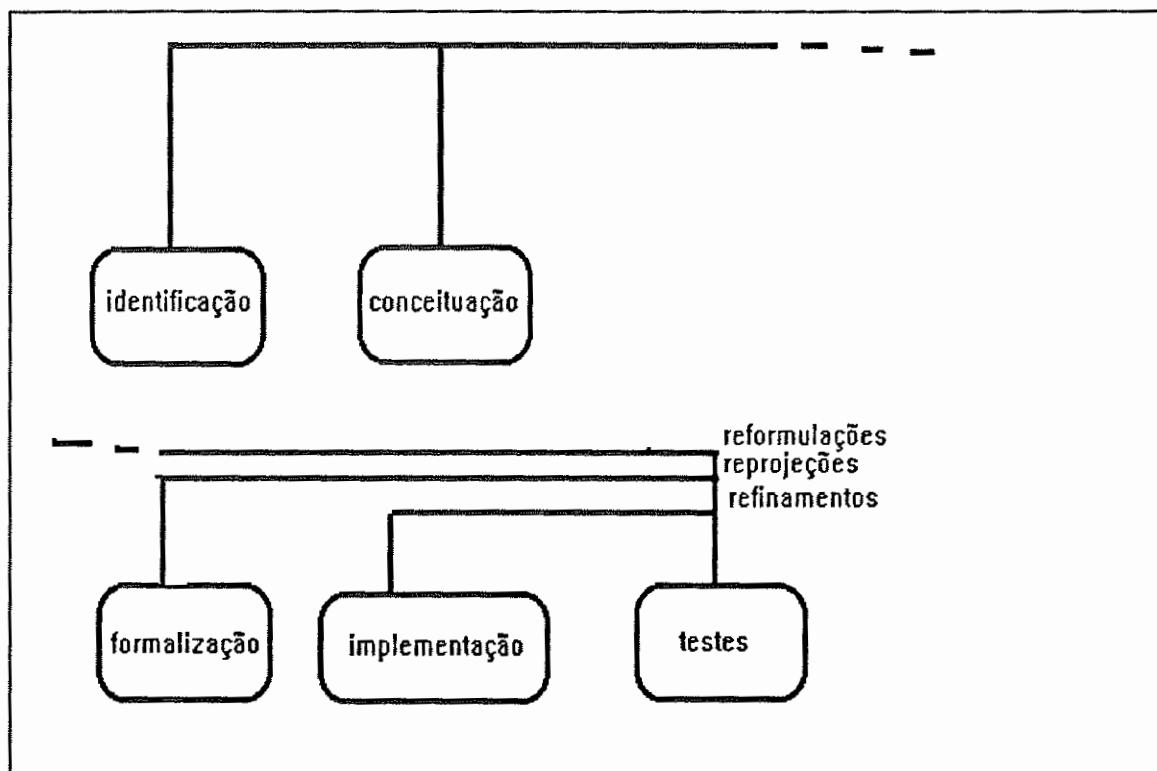
d) implementação:

esta fase envolve também uma formalização só que agora haverá um mapeamento do conhecimento formalizado na fase anterior com uma ferramenta computacional escolhida para o problema. Com isto consegue-se um programa executável. Este programa certamente será revisado várias vezes.

e) testes:

consiste na avaliação da execução e utilidade do protótipo acarretando, às vezes, a revisão de todas as fases acima.

Para se ter uma idéia melhor destas fases observe a Figura 1.



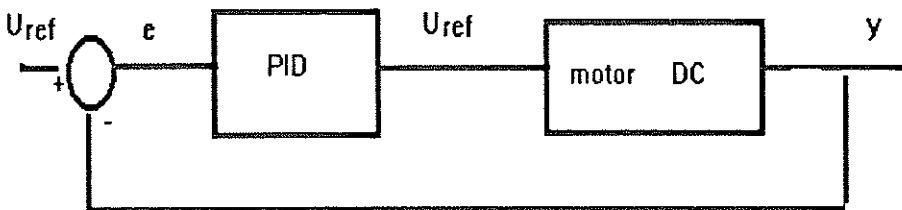
## 2. O EXEMPLO

Para o desenvolvimento do exemplo a seguir, vamos mostrar primeiramente o problema a ser resolvido e porque estamos usando IA para resolvê-lo.

Um sistema de controle é um sistema dinâmico que transforma um sinal de entrada (ou um conjunto de sinais de entrada) em um sinal de saída controlado (ou um conjunto de sinais de saída controlado) usando regras pré-determinadas, contendo internamente um processo de realimentação. Em diagrama de blocos, é normalmente representado como na Figura 2, onde:

- $u_{ref}$  é a entrada de referência,
- $u_c$  é a saída do controlador PID que será a entrada ,
- $y$  é a saída do sistema,
- $e$  é o erro do sistema, ou seja, a diferença entre a entrada e a saída.

O controlador do tipo PID é aquele que faz a correção do erro do sistema combinando três ações: uma proporcional, outra integrativa e outra derivativa ao sinal do erro do sistema. O PID é muito usado na indústria devido a sua simplicidade e confiabilidade.



Existe toda uma formulação matemática para ajustar os termos do controlador PID. Isto pode ser visto em Ogata(1987). Só que o modelamento matemático não reproduz fielmente o comportamento do sistema, devido a simplificações e/ou aproximações de cálculos feitas durante o modelamento. Assim, por métodos convencionais fica difícil construir leis que controlem o sistema. Daí, existe o papel do operador (instrumentista ou engenheiro) que ajusta os termos "manualmente" por tentativa e erro. Com o tempo, este operador adquire experiência e dependendo de como o sistema reage, ele sabe exatamente como sintonizar o PID eficientemente chegando a esquecer a formulação matemática inicial.

Baseado nisto, construir um SE ou um SBC que manipule o conhecimento destes operadores é uma maneira eficiente de sintonizar estes controladores. O que para uma indústria é interessante, já que algumas possuem centenas de controladores para serem sintonizados.

Já existem vários trabalhos de controladores PID inteligentes aplicados a processos industriais feitos: Pagano et al.(1988), Pereira (1989), Pereira et al.(1991), Pereira et al.(1989), Pereira et al.(1990), Yoneyama (1988), Silva et al.(1988), Aström et al.(1992), dentre outros.

Aqui, o que será mostrado é a experiência na aquisição de conhecimento dos operadores para se construir um SBC que sintonize o controlador PID que está aplicado a um motor DC.

Através de entrevistas estruturadas, foram feitas perguntas de forma que os especialistas descrevessem e discutessem o problema em questão, ou seja como sintonizar um PID aplicado a um motor DC.

O primeiro problema encontrado foi em preparar a primeira entrevista, visto a complexidade do problema e a maneira pouco usual de tratá-lo. Foi feito um questionário que foi sendo alterado no

decorrer do processo.

O segundo problema foi, preparado o questionário, em quem aplicá-lo. Foram contactadas várias pessoas, mas algumas não aceitaram por se sentirem inseguras. Ficaram inibidas. Argumentaram que não tinham tanta experiência e indicaram outras.

Resolvido isto, aplicou-se o questionário. Nas duas primeiras entrevistas feitas (com especialistas diferentes) foram avaliados e refeitos os questionários. Depois foi aplicado um mesmo questionário a mais três pessoas diferentes, e as respostas não se diferenciaram muito, dificultando a formulação de novas regras. Aí percebeu-se que o questionário deveria ser novamente refinado buscando respostas mais detalhadas.

Para se ter uma idéia mais precisa das dificuldades que são encontradas nas entrevistas, descreveremos algumas delas.

A primeira entrevista foi feita com um pesquisador do IPT que havia trabalhado mais de dois anos com controladores digitais. Foram feitas perguntas básicas, para se ter um maior contato com o domínio. As dificuldades encontradas, nesta em particular, foram que o entrevistado às vezes era um pouco evasivo com algumas respostas, chegando a indicar livros. Isto dificulta na hora da transcrição da entrevista. Mas o que foi bom, foi que ele argumentou sobre dois focos do problema que não havíamos pensado. Assim, percebemos que o questionário estava insuficiente e devemos refazê-lo.

Uma outra entrevista foi feita com um outro pesquisador do IPT que trabalhou na indústria muito tempo. Com ele trabalhamos em cima de controladores analógicos aplicados a processos industriais. Um segundo questionário foi aplicado, incluindo os focos que faltaram no primeiro questionário. Esta é o que teve de interessante foi que o entrevistado foi muito evasivo nas respostas. Quando insistimos, ele respondia : "É um processo interativo. Não dá para descrever." E aí não conseguimos grandes informações. Ele não conseguiu verbalizar o seu conhecimento.

Uma outra entrevista teve problemas parecidos. O entrevistado quando se sentia inseguro desvia a conversa, querendo mais informações sobre o sistema que estávamos propondo construir. No final, não conseguimos fazer todas as perguntas do questionário numa entrevista só. Tivemos que fazer duas sessões. Mas, mesmo assim, não conseguimos grandes coisas.

Apesar destas dificuldades, e aproveitando-as conseguimos organizar um bom questionário e adquirir um bom conhecimento de forma a construir a nossa base de conhecimento a que nos propomos. Além de maturidade para estar fazendo as entrevistas futuras.

### 3. CONCLUSÕES

Neste artigo mostramos as dificuldades no processo de aquisição e da importância da realização de questionários variados e abordando aspectos diversos. A aquisição é de grande importância e só percebemos isso quando deparamos com esta fase do processo na prática.

A entrevista é realmente um processo difícil, como mostrado anteriormente. O especialista pode se perder em suas idéias e acaba levando a conversa para outro rumo, às vezes, propositivamente quando se sente inseguro com a pergunta, indicando a existência de aspectos psicológicos envolvidos no processo e que merecem uma análise de especialistas de outras áreas de conhecimento. Um outro problema durante a entrevista é quando o especialista não responde de forma clara a pergunta e o engenheiro de conhecimento insiste na pergunta. Aí o especialista pode se "irritar" e passa a ser mais evasivo não

acrescentando novas informações. Sugerimos desta forma um questionário onde a mesma pergunta seja feita de forma diferente.

Uma outra coisa que acontesse muito, também, é o especialista ficar muito prolixo, sem no entanto acrescentar informações úteis à formulação de novas regras. Este ponto exige um controle e treinamento do entrevistador para interromper ao entrevistado e variar os assuntos

Pedir para definir termos como bom, ruim, é outro problema. As pessoas têm dificuldade de verbalizar e qualificar estes conceitos que são tão intuitivos para eles.

Assim, a partir do que aprendemos podemos sugerir que as entrevistas sejam bem elaboradas, com as perguntas numa ordem que se consiga descobrir o raciocínio do especialista. O questionário com uma má ordem das perguntas pode gerar muita conversa em círculos. Um questionário sem astúcias de questionamento e variação da mesma pergunta, cria cansaço rápido e bloqueios da evolução da entrevista

Uma outra sugestão é estar atento ao comportamento do especialista quando se faz a pergunta. Se a pergunta incorre em dificuldades de expressão do especialista, é necessário ir de maneira sutil em frente, colocando outras perguntas e voltando ao mesmo problema em seguida com outra abordagem. A mínima manifestação de insegurança do especialista precisa ser percebida, pois a evolução desta insegurança põe a perder o projeto.

## BIBLIOGRAFIA

- ASTRÖM,K.J; HANG,C.C.;PERSSON,P.; HO,W.K. Towards intelligent PID control. *Automatica*,28(01):01-09, 1992.
- BARR,A. & FEIGENBAUM,E.A. The handbook of artificial intelligence. New York, Addison Wesley, 1981. Vol.1, 409p.
- GAINES,B.R. An overview of knowledge-acquisition and transfer. *Int Journal Man-Machine Studies*, 26(4):453-472, 1987.
- GOUDARD,C.M.P; ARAGON,D.F.; ASSIS,M.D.P. O processo de aquisição de conhecimento: abordagem clássica. RJ, ILTC, 1992. 30p. (Apostila interna).
- GRUBER,T. & COHEN,P. Design for acquisition: principles of knowledge system design to facilitate knowledge acquisition. *Int Journal Man-Machine Studies*, 26(2):143-159, 1987.
- GUIDA,G. & TASSO,C. Building expert systems: a structured bibliography. In:\_. *Topics in Expert Systems design*. Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland), 1989. pages 419-435.
- HART,A. Knowledge acquisition for expert systems. New York, Addison Wesley, 1986. 196p.
- HOFFMAN,R.R. The problem of extracting the knowledge of experts from the perspective of experimental psychology. *AI Magazine*, 8(2):53-67, 1987.
- KITTO,C.M & BOOSE,J.H. Heuristics for expertise transfer an implementation of a dialog manager for knowledge acquisition. *Int Journal Man-Machine Studies*, 26(2):183-202, 1987.
- KUMARA,S.R.; HOSHI,S.; KASHYAP,R.L.; MOODIE,C.L.; CHANG,T.C. Expert systems in industrial engineering. *Int Journal of Production Research*,24(05):1107-1125, Sep-Oct 1986.
- MITTAL,S. & DYM,C.L. Knowledge acquisition from multiple experts. *AI Magazine*, Summer 1985, pages 32-36.
- PAGANO,D.J.; BRUCIAPAGLIA,A.H.; GARNOUSSET,H.E; TROFINO NETO,A.; CAETANO,S.S. Sistema especialista para ajuste de controladores PID. In: *Congresso latino-americano de automática*,3, Vina del Mar - Chile, 1988. vol1, p.80-85.

- PEREIRA,L.F.A. Implementação de um ambiente de desenvolvimento de controladores inteligentes. São José dos Campos, 1989. 131p. (Mestrado-ITA).
- PEREIRA,L.F.A; YONEYAMA,T.; CARDOZO,E. An intelligent PID controller based on expert system techniques. *System Science X*, Wroclav-Poland. Sep 1989.
- PEREIRA,L.F.A; YONEYAMA,T.; CARDOZO,E. Um controlador digital incorporando técnicas de inteligência artificial. *SBA: Controle & automação*, 3(2):175-179, 1990.
- PEREIRA,L.F.A.; YONEYAMA,T.; CARDOZO,E. A framework for the devepment of intelligent auto-tuning controllers. ITA - São José dos Campos (Artigo adquirido diretamente com os autores em 1991)
- SILVA,M.A.; GOMIDE,F.A.C.; AMARAL,W.C. Um sistema baseado em conhecimento para a sintonização de controladores industriais do tipo PID. In: *Congresso brasileiro de automática,7* - ITA, São José dos Campos, 1989. pp 243-248.
- WATERMAN,D.A. A guide to expert systems. New York,Addison Wesley, 1986. 419p.
- YONEYAMA,T. Um controlador inteligente em Prolog. In: *Congresso brasileiro de automática,7* -ITA, São José dos Campos, 1989. pp 167-172.