

Biblioteca Universitária
- UFSC -

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

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS BASEADOS NO CONHECIMENTO HUMANO:
AS CONTRIBUIÇÕES DA PSICOLOGIA E DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL A
ERGONOMIA COGNITIVA

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

WALTER HERNÁNDEZ VERGARA



01803454

FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA - BRASIL
AGOSTO - 1990

RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS BASEADOS NO CONHECIMENTO HUMANO:
AS CONTRIBUIÇÕES DA PSICOLOGIA E DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL A
ERGONOMIA COGNITIVA

WALTER HERNÁNDEZ VERGARA

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE

MESTRE EM ENGENHARIA

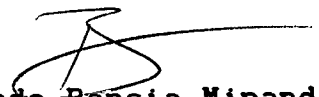
ESPECIALIDADE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA
FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO:

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Neri Dos Santos, Dr. Ing.

Orientador



Prof. Ricardo Barcia Miranda, PhD

Coordenador do Curso



Prof. Leila Amaral Gontijo, Dra.



Prof. Osmar Possamai, Dr.

A Margarita
e a meus grandes amigos
Giancarlo e Omar

AGRADECIMENTOS

Manifesto meus sinceros agradecimentos:

Ao professor Neri Dos Santos pela sugestão do assunto para dissertação, orientação geral do trabalho e pelo apoio oferecido durante o curso;

Ao professor Ricardo Barcia pelo apoio moral que me ofereceu na minha chegada ao Brasil;

Ao colegas de Pós-Graduação, especialmente a Edson Canasa, pelas discussões que permitiram avanços em meu trabalho;

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro.

A Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade que me concedeu em realizar o curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Aos professores e Funcionários do EPS, pelos ensinamentos e apoio dados neste tempo de convívio.

Ao membros da Banca Examinadora, pelos valiosos comentários e sugestões, que permitiram aperfeiçoar este trabalho.

RESUMO

O presente trabalho está dedicado à solução de problemas que é realizado pelo homem. Do ponto de vista histórico, modelos informáticos do pensamento têm sido criados para explicar as estratégias de solução de problemas. Neste sentido, os primeiros modelos que foram desenvolvidos são aqueles relativos às estratégias dos fins e meios (o GENERAL PROBLEM SOLVER de Newell, Simon e Shaw, 1959).

Assim, apresentaremos sinteticamente as características essenciais desta corrente de pensamento, os processos de aquisição do conhecimento, a estrutura geral dos modelos de acordo com o paradigma do sistema de processamento da informação e as formas mais usadas de representação do conhecimento. Da mesma forma, Desenvolveremos os traços característicos de um tipo de formalização da organização dos conhecimentos na memória, para a solução de problemas e o aprendizado sob a noção de esquema.

No campo da memória veremos como as concepções informáticas têm influenciado profundamente na elaboração das teorias psicológicas da memória. Mostraremos os limites da metáfora informática quando se trata de mostrar a flexibilidade da memória humana.

Por último, ilustraremos como é gerado o processo de resolução de problemas pelo homem, e quais são as características mais relevantes deste processo e a sua utilidade na construção e representação de problemas.

ABSTRACT

The present work is dedicated to the solution of problems encountered by the human being. From the historic point of view, the informational models of thinking have been created to explain the strategies of problem solution, and as a result the first models that have been configured correspond to the strategy of ends and means (The GENERAL PROBLEM SOLVER of Newell, Simon and Shaw, 1959). So, we present synthetically the essential characteristics of this line of thinking, the processes of knowledge acquisition, the degree with which there is a narrow relation with the solution of problems, and the general structure of the models. This is done in accordance with the system paradigm of information processing and the most commonly used forms of knowledge representation.

We develop the characteristic traits of a type of formalization of knowledge organization in memory for the solution of problems and what is learned under the scheme notion.

In the memory field we see how informational concepts have profoundly influenced the elaboration of psychological theories of memory. We show the limits of the informational metaphor when treating the flexibility of the human memory.

Finally, we illustrate how the process of problem resolution is generated in people and the most relevant characteristic of this process and its usefulness in the construction and representation of problems.

SUMARIO.

1. Introdução.....	1
2. Objetivo e metodologia do estudo.....	6
3. A ergonomia cognitiva e a inteligência artificial	
3.1 Introdução.....	11
3.2 Alguns antecedentes históricos.....	11
3.3 As ferramentas que constituem a atividade intelectual...13	
3.3.1 Os sistemas de notação de conhecimentos.....	13
3.4 O controle na utilização de conhecimentos.....	20
3.4.1 Formalização do controle com ajuda de um programa de procedimentos.....	20
3.4.2 Formalização do controle com ajuda de um sistema de produção.....	21
3.4.3 Formalização com ajuda de um sistema especialista...24	
3.5 Um exemplo de sistema formalizado.....	26
3.5.1 Os processos de compreensão.....	26
3.5.2 Elaboração de um plano.....	28
3.5.3 Os processos de solução.....	28
3.6 A aquisição de conhecimentos e seu desenvolvimento.....	29
3.7 Conclusão.....	30
4. Teoria geral para a resolução de problemas	
4.1 Introdução.....	32
4.2 O sistema de processamento da informação.....	32
4.2.1 As concepções da função da Inteligência Artificial..34	
4.2.2 A entrada de informação.....	36
4.3 Um modelo de processamento de informação na solução de problemas.....	39
4.4 A organização dos conhecimentos para a solução de problemas: Uma visão sobre o conceito de esquema.....	41
4.4.1 Introdução.....	41
4.4.2 Apreensão e acomodação.....	44
4.4.3 Relações entre esquemas.....	45

4.4.4 Os conhecimentos declarativos e conhecimentos procedurais.	47
4.5 Conclusão.....	50
5. A memória	
5.1 Introdução.....	51
5.2 A representação neuronal das memórias.....	52
5.3 O módulo das memórias.....	55
5.4 A memória como processo: níveis de processamento.....	60
5.5 A inteligência, a memória e o artifício.....	61
5.5.1 A informática e a memória humana.....	62
5.5.2 A arquitetura informática e a arquitetura mnemônica.....	63
5.5.3 A representação informática e a representação da memória.....	64
5.5.4 A psicologia e a tecnologia da memória.....	66
5.6 A lembrança e a representação na memória.....	68
5.6.1 O formato da informação na memória.....	68
5.6.2 Uma memória flutuante: A lembrança humana.....	73
5.7 A memória, a categorização e a representação.....	76
5.7.1 A informática, a psicologia e a base de dados.....	76
5.7.2 A organização semântica e o processo de categorização.....	
5.7.3 Os juízos de pertinência a uma categoria.....	80
5.8 Conclusão.....	82
6. A resolução humana de problemas	
6.1 Introdução.....	83
6.2 Identificação e representação de problemas.....	84
6.3 As variáveis na resolução de problemas.....	90
6.3.1. A natureza do problema.....	90
6.3.2. O contexto do problema.....	91
6.3.3. O sujeito que soluciona problemas.....	93
6.4 A estrutura para o procedimento de resolução de problemas.....	
6.4.1. A estrutura do ambiente da tarefa.....	93
6.4.2. O espaço do problema.....	95
6.4.3. Informação embutida em espaços de problema.....	96
6.4.4. Geração da representação do problema.....	98
6.5 Adaptação de fatos e heurísticas usadas pelo homem.....	101

6.6	Considerações adicionais sobre abordagem na resolução de problemas.....	103
6.7	Conclusão.....	105
7.	O comportamento adaptativo da memória humana na resolução de problemas.....	106
7.1	Introdução.....	106
7.2	A aprendizagem.....	107
7.2.1	O que é a aprendizagem ?.....	107
7.3	Conhecimento e desempenho : Uma abordagem Cognitiva....	110
7.4	Representação de problemas na memória e transferência dos efeitos na resolução de problemas.....	115
7.5	Conclusão.....	118
8.	Conclusões e Perspectivas.....	119
	Referências Bibliográficas.....	124
	Anexo-1.	
	Anexo-2.	
	Anexo-3.	

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO.

A preocupação com o estudo das atividades mentais remonta à origem das civilizações. Sempre foi interesse do homem compreender como se organiza e articula o processo de representação mental.

O conceito de atividade mental, que propomos, pode ser entendido como uma organização mental ou como um conjunto de características de aprendizagem e solução de problemas (esta última concebendo-as como um único processo), que podemos aproximar à compreensão de como o homem gera, a partir de sua experiência, conceitos, regras e princípios hierarquizados que guiarão seu comportamento em novas situações e de como ele modifica esses conceitos a fim de aumentar sua eficiência na resolução de problemas.

A partir de 1978, grupos de pesquisa são formados com o objetivo de realizar estudos na área de sistemas baseados no conhecimento. Podem-se citar trabalhos significativos que dão uma base de amadurecimento à área, como: "Human Problem Solving" [SIM72], "The Psychology of computer vision" [WIP75], etc.

Inicialmente, a maioria dos trabalhos foram orientados para a solução ou simulação de jogos: Xadrez, jogo da velha, torres de

Hanoi, criptogramas, etc. Esses trabalhos, embora aparentemente distantes dos problemas considerados de natureza prática, têm a importante característica de serem bem definidos e delimitados. Estes trabalhos, contribuíram para a sedimentação de conceitos de análise de problemas e o entendimento de como as pessoas se conduzem no processo de solução dos mesmos.

Assim, o processo de resolução de problemas com o homem têm alguns elementos dos atuais sistemas de informação e de apoio a decisão e, também, formalizam diferentes arquiteturas, esquemas ou estratégias que vão ser conceitualizados e que vão diferenciá-los dos demais neste processo (como será visto no decorrer desta dissertação).

O homem tem um discurso interno que representa como ele se organiza e atua para a tomada de decisão. Neste sentido, ele usa fatos, regras de decisão (relações) segundo seu raciocínio, pensamento, juízo de valor e outros fatores, ou seja um conjunto de escolhas e recusas fundamentadas simultaneamente em conhecimentos, preferências e cálculos. Este processo é muito importante na elaboração de um sistema especialista, porque é aí onde o indivíduo (ou especialista) tem que ser capaz de comunicar (discurso interno), os recursos (fatos e regras) que utiliza na abordagem de problemas e se isto for possível, de representá-lo em forma computacional.

Por isso, ao configurar modelos interpretativos, algumas vezes a ergonomia tem utilizado como empréstimo conceitos e formalizações procedentes de outras disciplinas.

Uma das preocupações atuais da ergonomia cognitiva é desenhar com precisão modelos de funcionamento da atividade mental,

simulando através deles o comportamento humano. Estas simulações permitem determinar se as hipóteses formuladas pelos modelos são suficientes e se elas mostram a coerência exigida para reproduzir o comportamento observado.

Em psicologia a noção de simulação não é um conceito novo. Seu protótipo pode encontrar-se nos modelos estocásticos de aprendizagem [ROU67]. Não obstante, a originalidade dos modelos atuais está na busca de linguagem formalizados para expressar hipóteses de trabalho em ergonomia cognitiva.

Na formulação de hipóteses ergonômicas por simulação, a informática e a Inteligência artificial apresentam-se como disciplinas fundamentais. Ao mesmo tempo, existem modelos formais de funcionamento e recursos materiais, para levá-los à simulação prática. O nível escolhido para a análise da atividade mental é o que determina o tipo de modelo que se procura desenvolver. Na realidade, necessita-se destas disciplinas para formular hipóteses sobre os processos de tratamento da informação. Por exemplo, no caso da automação, as formulações desenvolvidas são mais adequadas para a análise da interação entre a psicologia e a fisiologia, sobretudo no estudo detalhado dos processos perceptivos e motores.

Todavia, mesmo que os empréstimos se realizem em ambos os sentidos, seus objetivos não são idênticos. Os psicólogos baseiam-se em formalizações para expressar com precisão suas hipóteses sobre o funcionamento cognitivo, mas o critério de pertinência destes empréstimos é a validade de tais modelos. Os conhecimentos psicológicos sobre o funcionamento cognitivo são úteis ao analista de sistemas quando ele procura buscar heurísticas, mas o critério de pertinência que ele usa é a eficácia do siste-

ma. Além disso, tem-se dado um impulso, a um amplo debate, sobre se esta eficácia pode ser obtida por meio de uma reprodução das heurísticas humanas. Sob certo ponto de vista, ao inventar um avião para voar com rapidez, o homem concebeu algo melhor que um pássaro. No entanto, o avião não tem um comportamento igual ao um pássaro.

É preciso ter uma imagem clara da distância que existe entre seus objetivos, para evitar confusões. Estas perplexidades que se podem encontrar com frequência na bibliografia, põem em risco as possibilidades de interações, que aparecem na atualidade, nas ciências cognitivas.

Esta idéia da mistura de inteligência computacional e da inteligência humana, está sendo explorada cada vez mais pelos cientistas. A medida que o tempo passa, pode-se esperar ver mais computadores atuando desta maneira, como "amplificadores de inteligência".

Por isso, a impossibilidade de uma dissertação de mestrado fornecer informações cobrindo a totalidade dos campos de pesquisa sobre a memória e o processo de resolução de problemas, resulta num fato evidente, já que muitas disciplinas importantes tiveram de ser omitidas (filosofia, ciências da comunicação..etc.). Esta dissertação tem uma orientação determinada, trata o ser humano como um sistema complexo, que luta para impor uma organização à informação que recebe através de seus sentidos. Este tipo de orientação, que chama constantemente pela estrutura geral dos processos, na qual o ser humano detecta, identifica e armazena a informação, permite organizar, de forma aproximada, parte das estruturas das memórias e do processo de resolução de problemas. Assim, este trabalho é restrito aos aspectos psicológicos e às

diferentes concepções da inteligência artificial. As restrições são deliberadas. Procurou-se reduzir o número das linhas de pensamento analisadas, com o objetivo de fazer com que os aspectos fundamentais, não se percam nas generalizações. Contudo, uma ampla seleção de temas é apresentado, através de um restrito grupo de trabalhos e de conceitos.

CAPITULO II

OBJETIVO E METODOLOGIA DO ESTUDO

A atividade de resolução de problemas, foi descrita por Duncker (1945), como uma interação entre duas funções principais: A compreensão da problema e a elaboração de uma solução. O problema da compreensão refere-se à representação do objetivo e aos requisitos que devem ser satisfeitos para alcançá-lo. A compreensão pode implicar em representar o problema atual, numa série de problemas já pesquisados. Deste modo, a representação do problema constrói-se particularizando estruturas esquemáticas e apreensíveis, formuladas na experiência anterior. Esta função resulta numa componente fundamental dentro dos sistemas especialistas (S.E.), porque uma boa representação do problema permite validar a construção do campo do conhecimento (Base de conhecimento- B.C.).

Pode-se afirmar, que o processo de resolução de problemas é uma série de fatos, nos quais os seres humanos utilizam regras, princípios, inferências, para atingir um objetivo. Os resultados da utilização deste, na resolução de problemas, não se limitam à consecução do objetivo, mesmo que isso pareça bastante satisfatório ao indivíduo que o faz.

Cada vez mais, os psicólogos invocam o auxílio às noções próprias da I.A. e da informática:

* Presume-se que as pessoas tratam a informação em tempo real, em série ou em paralelo;

* Representam a informação sobre diferentes mecanismos;

* Compilam o texto e logo executam-o;

* Armazenam informações em diferentes memórias (memórias intermediárias, registros, etc..) cujas características (capacidade de armazenamento, período de conservação da informação, acessibilidade) nos lembram a classificação das memórias num processador.

* Tudo isto acontece com ajuda de um supervisor que determina recursos aos processadores especialistas.

Por outro lado, o vocabulário da I.A. está repleto de termos de natureza psicológica: Os programas compreendem, apreendem, conhecem e, em resumo, são inteligentes. Os analistas são conscientes das limitações atuais de suas realizações, sobretudo no campo da linguagem. De fato, seus programas remetem implicitamente às definições operativas destes termos. Fora da formalização deste ou daquele aspecto da atividade cognitiva, o objetivo dos analistas é desenvolver sistemas cujas performances estejam perto das performances dos seres humanos. Todavia, existem muita controvérsia sobre a forma do funcionamento da memória humana, para permitir alcançar este objetivo.

Assim, Mc Dermott (1979) não aceita a convergência entre as pesquisas em I.A. e em psicologia, enquanto que Ringle (1983), pelo contrário, considera que "quanto mais estreito sejam os vínculos que existam entre as pesquisas da I.A. e da psicologia experimental, mais fácil resultará o desenvolvimento dos princípios da I.A. e sua realização através de máquinas" (p.37).

Considerando os aspectos antes mencionados, a presente dissertação apresenta um estudo que visa identificar e analisar o desempenho da memória de uma maneira biológica e psicológica, na sua forma mais natural, no processo de resolução humana de problemas, baseado nos diferentes aspectos da teoria da psicologia cognitiva (fundamentalmente utilizar-se-á a teoria de Análise de Meios e fins). Teoria que constitui a base da ergonomia contemporânea. Esses processos, procuram a obtenção e a representação do conhecimento, a partir da assimilação da atividade que o indivíduo desenvolve em seu campo, para resolver um determinado problema.

Da mesma forma, pretende-se mostrar como algumas concepções, que não estão bem claras e definidas, no processo de resolução de problemas, são compreendidas pelos indivíduos e como obter uma maior estrutura de formalização nos problemas apresentados na I.A., enfocando os seguintes aspectos:

- * Como se transmite a informação no interior do indivíduo;
- * A natureza dos problemas que são resolvidos;
- * O grau de organização do conhecimento;
- * A estrutura ou esquemas de representação das redes factuais;
- * A descrição do processo de assimilação ou de aprendizagem.

Estas contribuições serão enfaticamente orientadas para alguns pontos iniciais do ciclo de desenvolvimento do S.E. e de certos aspectos de validade do conhecimento a ser registrados numa B.C.; também é importante considerar que existem alguns conceitos ou processos que ainda não têm sido explicados pela psicologia cognitiva e como antes mencionados, existem empréstimos recíprocos não sempre justificados, já que quase sempre tem-se um

uso analógico ou metafórico dos termos próprios de outra disciplina, inclusive por razões de modismo. Por outro lado, muitas vezes não são citadas as bases conceituais e metodológicas que motivaram tais empréstimos. Então, aproveitando essas teorias da I.A., procuraremos explicar os conceitos que serão utilizados pela ergonomia cognitiva.

Assim sendo, é necessário se dispor de técnicas de análise, capazes de evidenciar como o homem trabalha mentalmente, a partir da análise do comportamento. Mas, é preciso não se opor atividades mentais às atividades físicas, como se toda a atividade humana não possa ser classificada numa ou outra destas categorias, mas concebê-las como componentes de uma atividade global.

Por outro lado, do ponto de vista metodológico, a ergonomia cognitiva não pode ser senão comportamentalista: o olhar, o pensar, o solucionar problemas são também comportamentos dentro da estrutura humana. De fato a atividade cognitiva somente pode ser conhecida através de procedimentos manifestos. Isto é, a partir de suas manifestações ou traços observáveis (Dos Santos, 1989).

Neste sentido, pode-se então classificar os comportamentos das pessoas que solucionam problemas, em quatro grandes categorias, conforme mostra o quadro abaixo:

C O N D I C I O N E S	NÃO VERBAIS		VERBAIS
	Expon-tâneos	Comportamentos não verbais espontâneos	Comportamentos verbais espontâneos
Provocados	Comportamentos não verbais provocados	Comportamentos verbais provocados	

Os comportamentos verbais espontâneos.

Estes comportamentos são constituídos, na sua grande maioria, por verbalizações instantâneas no processo de resolução humana de problemas.

Em alguns casos porém, as verbalizações poder ser gravadas automaticamente, sobre os estados possíveis que o sujeito desenvolve a nível da memória e se constituem, então, em "traços" muito importantes da atividade cognitiva do sujeito.

Os comportamentos verbais provocados.

Recentes pesquisas, da análise de resolução humana de problemas, têm dado um "status" importante a este processo.

Várias publicações foram realizadas com este objetivo: Cohen, Eysemck e Le Voi (1985) discutindo o "Rol dos esquemas na representação de estruturas do conhecimento", Anderson (1983) em sua teoria "A arquitetura de Cognição" e Freeman W. (1981) em "Pensamento, resolução de problemas e cognição".

Em resumo, será definido um conjunto de processos de comportamento de sujeitos solucionando problemas, os tipos de variáveis que estão influenciando em seu processo de decisão, quais são os estados possíveis que ele está formulando para chegar a uma solução do problema, como estão interagindo suas memórias de curto e longo termo e, finalmente, como este conjunto de características e processos desenvolvidos pelo homem, ajudam a formular ou estruturar programas de inteligência artificial.

CAPITULO III

A ERGONOMIA COGNITIVA E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.

3.1.- Introdução.

Já faz algum tempo que a psicologia e a Inteligência Artificial têm-se aproximado dentro do campo das ciências cognitivas. Os objetivos de ambas aproximam-se muito - simular uma conduta inteligente - mas com diferentes exigências. No primeiro caso busca-se uma coerência com os demais conhecimentos acerca do funcionamento cognitivo do ser humano, enquanto que o segundo procura a eficácia. Neste capítulo vamos analisar e debater as trocas recíprocas, centrando nosso interesse em dois aspectos específicos: A solução de problemas e a aquisição de conhecimentos.

3.2.- Alguns antecedentes históricos.

A solução de problemas foi um dos primeiros temas tratados pela Inteligência Artificial (I.A.). Em 1954 Newell, Shaw e Simon utilizaram os trabalhos do psicólogo De Groot sobre as estratégias elaboradas pelos enxadresistas, e introduziram o conceito de heurística de solução, no programa NSS (Newell, Simon, Shaw) de jogo de xadrez. As primeiras noções básicas acerca de simular o pensamento usando os métodos da I.A. foram então formuladas por Newell e Simon em 1961 [NES61].

Portanto, desde o início, psicologia e I.A. estiveram unidas no campo da solução de problemas. Depois desta primeira fase, procurou-se elaborar "solucionadores de problemas". Estes são programas gerais, com o objetivo de resolver todos os problemas de uma mesma classe.

A teoria psicológica construída em torno da GENERAL PROBLEM SOLVER (GPS) foi apresentada na obra HUMAN PROBLEM SOLVING [SIM72] e foi, sem dúvida, um fator determinante para o desenvolvimento das investigações psicológicas no campo da solução de problemas. Neste ponto, foram introduzidas as noções de espaço do problema, representação do problema, método geral de solução, ... etc.

O interesse pela busca de novos métodos de solução aplicáveis a amplos campos de problemas, vai-se enfraquecendo progressivamente. No entanto, aparecem linguagens gerais que permitem descrever a organização dos conhecimentos em áreas conceituais complexas. Por exemplo, em aritmética, abandona-se o estudo dos algoritmos de cálculo, desenvolvendo-se o estudo da compreensão dos enunciados e da semântica das operações. Essa evolução encontra-se ligada a todo um amplo campo de investigação em psicologia e em I.A., referente à compreensão da linguagem e a representação dos conhecimentos. Alguns modelos como HAM de Anderson (1974), LNR de Norman e Rumelhart (1975), da mesma forma que a noção de "marco" de Minsky (1975), podem ser considerados como modelos básicos, de grande importância dentro da análise da solução de problemas. Usam-se os conceitos de plano, esquema, protótipo, marco, etc.. As situações estudadas tornam-se mais ricas do ponto de vista semântico (por exemplo, Resnick e Greeno na didática das matemáticas).

Na atualidade, segundo Simon e Newell, o fundamento teórico comum à I.A. e à psicologia consiste na noção de sistema de processamento da informação (S.P.I.), que será apresentada no cap. -4.

3.3.- As ferramentas que constituem a atividade intelectual.

Dentro da organização das atividades intelectuais, que têm por objetivo solucionar problemas, pode-se distinguir duas famílias de conceitos: A notação dos conhecimentos, que diz respeito às formas de linguagem descritivas da organização de conhecimentos (esquemas, redes semânticas, regras de produção), e a família de conceitos pelo tipo de sistema utilizado (sistema de produção, sistema especialistas, programa de procedimento), que serve para o controle do processo de solução.

A notação dos conhecimentos encontra-se no núcleo do problema da representação dos conhecimentos, isto é, do problema da escolha das unidades de conhecimento, de sua organização e de sua natureza. A representação dos conhecimentos é distinta do sistema de notação, que se utiliza para descrever esta representação. Assim, uma representação pode ter uma natureza imaginada ou proposicional (forma de proposições).

3.3.1.- Os sistemas de notação de conhecimentos.

A determinação do nível de detalhe dos conhecimentos mais elementares, é um fator subjacente ao problema da notação dos conhecimentos. Faremos referência somente a este último problema.

No campo da solução de problemas, usam-se essencialmente três tipos de notações: As redes semânticas, os frames (fichas e esquemas) e as regras de produção.

==> As Redes semânticas.

Elas foram desenvolvidas principalmente no campo da compreensão da linguagem e da memória. As redes semânticas são representações gráficas do conhecimento (ver fig.-3.1). Numa rede semântica os nós são interligados por arcos (elos) tipo: *é_parte_de*, *possui*, *é_instância_de*, etc. Alguns nós podem ser dados fixos, tipo constante, como é mostrada na figura. Entretanto, a "cor" da "folha" pode assumir valores diferentes (variável), ou seja a <cor> pode ser =(branca, vermelha). Nesse caso na sentença: a "cor" X da "folha", pode ter a variável X "instanciada" por algum dos elementos (branca, vermelha). De maneira geral, uma rede está composta por nexos e arcos que representam uma relação entre objetos. Os nexos contem informações, e os arcos mostram a relação entre elas. Os nexos ou objetos podem ser conceitos (informações), procedimentos dentro de determinadas redes, etc.. As relações, por exemplo, na fig.-3.2 estão formadas pela relação de pertinência *é-um* ou qualquer outra relação particular dentro desse âmbito (*tem*, *usa*, *faz*, ..etc). Para ilustrar a situação vamos usar o exemplo do desenvolvimento de uma estrutura para um pássaro.

Os objetos da estrutura **PASSARO**, são identificados pela relação *"é um"* *Águia*, significando que *águia* é um pássaro. Outras relações de arco nos fornecem os atributos do **PASSARO**. A partir da relação *"tem"*, temos três atributos, que são **ASAS**, **PENAS** e **BI-CO**. A partir da relação *"faz"* temos um atributo; a saber, **VOAR**; e da relação *"usa"* obtemos o atributo **PRINCÍPIOS AERODINÂMICOS**. A partir desses atributos podemos agora criar a estrutura, **PASSARO**:

```

CRIAR_ESTRUTURA (Nome=pássaro, N_Atrib=5, Atrib=bico, Atrib=Penas, Atrib=Asas, Atrib=Voar,
Atrib=Princípios Aerodinâmicos).

```

UM EXEMPLO DE REPRESENTAÇÃO DE REDE SEMÂNTICA

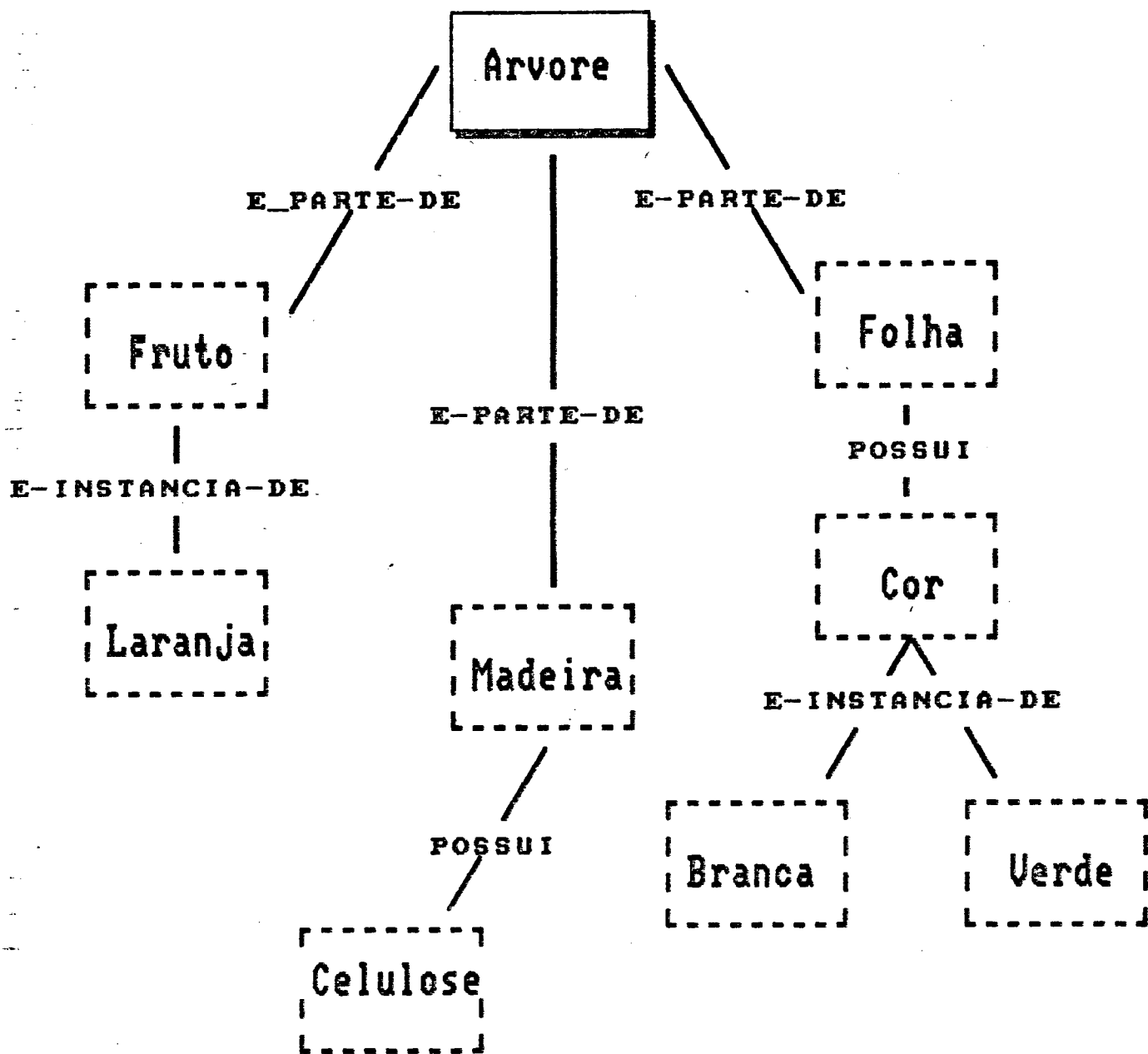


FIG.-3.1

REDE SEMANTICA

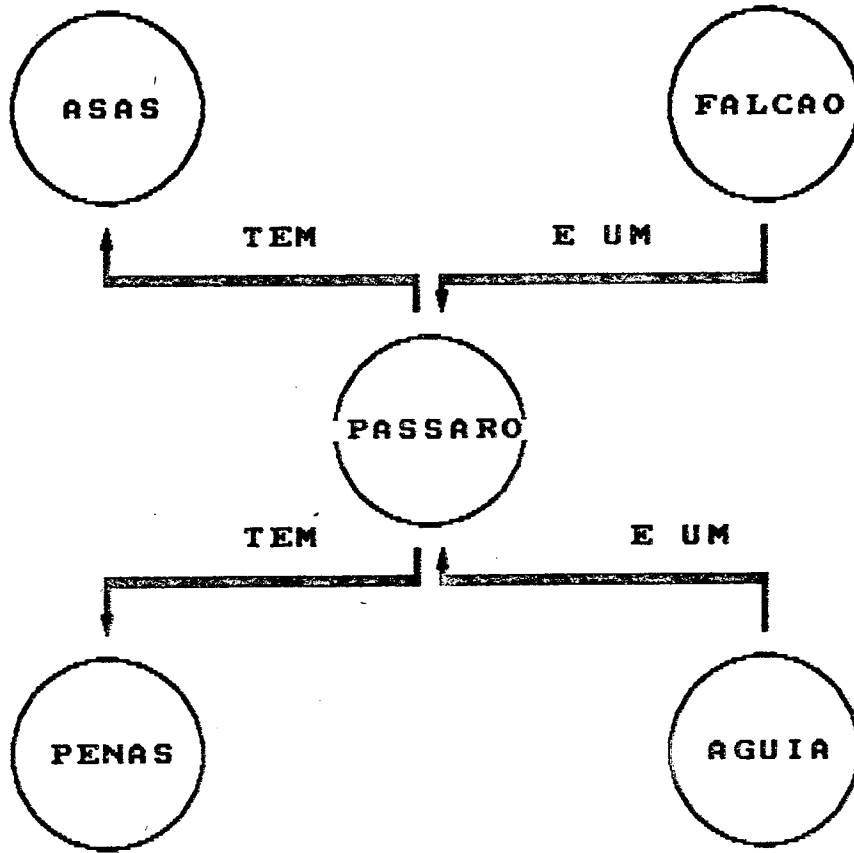


FIG.-3.2

Usando a estrutura, podemos agora criar o objeto **ÁGUIA**.

CRIAR_OBJETO (Nome=pássaro, Nome=Águia, Bico=longo, Penas=Claras, Asas=Largas, Voar=Alto,
Princípios Aerodinâmicos=Planar no ar).

Podemos agora usar os objetos para criar um banco de conhecimentos que possa nos ajudar a responder perguntas específicas sobre os objetos (ver fig.-3.3).

Norman e Rumelhart (1975) ampliaram a noção de rede semântica, acrescentando aos nexos a importante possibilidade, do ponto de vista da solução de problemas, de converter os objetos em procedimentos. Assim, trata-se de redes de procedimentos que armazenam as diferentes ações que definem os planos. Esta ampliação da noção de rede serve para aproximar as noções de rede e esquema, como se observará mais adiante.

==> Os Frames (fichas).

A noção de "frame" foi proposta por Minsky (1975). Seu objetivo é representar agregados (conjuntos) permanentes de objetos, conservando as propriedades das redes. As noções de "Script" [SCA77] e de "esquema" (1) [NOR75] são semelhantes a noção de frame. Um "cenário" ou plano de ações é um tipo particular de frame, que faz referência aos acontecimentos ou fatos ocorridos. O "frame" modela o conhecimento numa rede de nós, e as relações entre eles são organizadas hierarquicamente para descrever objetos, atos ou eventos estereotipados (inalteráveis). Por exemplo, no caso de um diagnóstico médico, há sinais clínicos:

(1) Em 1930, o psicólogo Federic Bartlett, em sua teoria da lembrança, denominou esquema a "uma organização ativa de reações ou de experiências passadas". Num conjunto ativo e organizado, entram vários esquemas, interligados entre si por fatores comuns.

REDE SEMANTICA MOSTRANDO A RELACAO ENTRE AS PARTES PARTES DE UM PASSARO E UM AGUIA

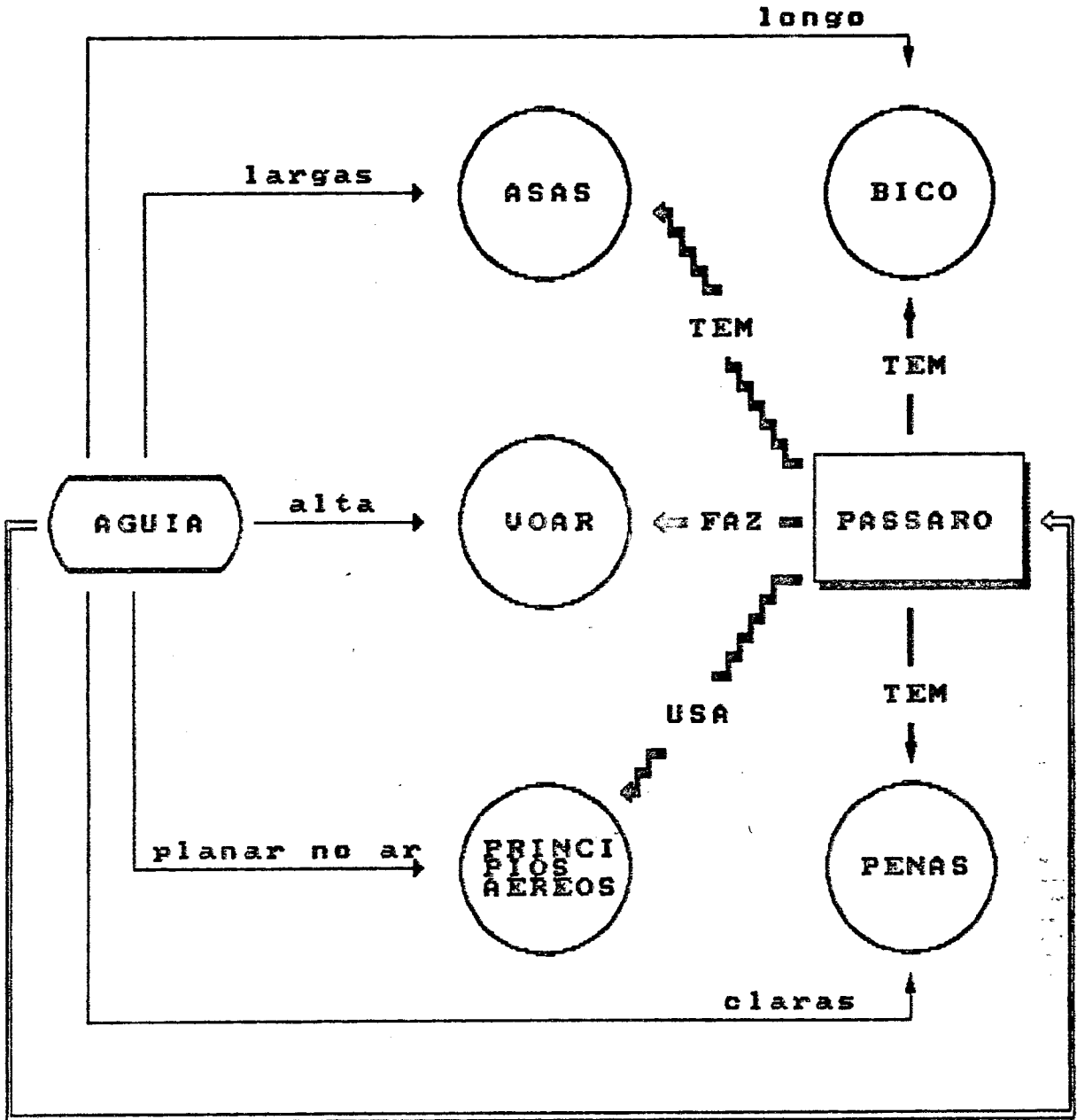


FIG.-3.3

as enfermidades, os tratamentos, etc., que constituem exemplos de conhecimentos estereotipados. O estado de um paciente determinado está representado pela particularização destes diferentes frames.

Os nós mais elevados representam conceitos mais gerais e os nós inferiores representam instâncias específicas desses conceitos. Os conceitos são definidos por uma coleção de atributos e seus respectivos valores. Os atributos são chamados campos (ou "slots"). Cada campo tem procedimentos associados que são executados quando a informação do campo (isto é, o valor do atributo) é mudada. A cada "frame" está relacionado vários tipos de informações: As condições de utilização do "frame", procedimentos, argumentos particularizados ("exemplificados") no problema apresentado. Por exemplo, na fig.-3.4 mostra-se uma estrutura de um frame para diagnóstico de uma avaria de um equipamento.

A estrutura dos "frames", utilizados para representar o conhecimento de diagnóstico, apresenta três grupos distintos de campos: campos genéricos, campos de procedimentos e campos de informação para inferência.

Os campos genéricos se destinam a estabelecer o objetivo e a hipótese do "frame" e a identificar a sua posição na rede hierárquica.

Os campos de procedimentos determinam as ações a serem realizadas para que o sistema confirme ou rejeite a hipótese constante do campo hipótese. Estes campos constituem a grande força desta representação, porquanto abrigam o conhecimento de controle, independente do conhecimento de inferência. Os campos de procedimentos definem a estratégia do processo de diagnóstico, ou seja, executar o diagnóstico de um equipamento significa realizar as ações previstas nos campos de procedimentos do "frame" (de ní-

ESTRUTURA DE "FRAME" PARA DIAGNOSTICO DE AVARIA DE UM EQUIPAMENTO

NOME DO FRAME	
OBJETIVO HIPOTESE NIVEL-SUPERIOR NIVEL-INFERIOR	CAMPOS GENERICOS
AQUISICAO INFERE-FRAME INFERE-REGRA IMPRESSAO	CAMPOS DE PROCEDIMENTOS (OU DE CONTROLE)
DADOS-MEDIDOS SINTOMA-FORNECIDO DADOS-PADROES SINTOMAS-PADROES REGRAS	CAMPOS DE INFORMACOES PARA INFERENCIA

FIG.-3.4

vel mais alto) e de cada "frame" subsequente (de nível mais baixo) confirmado, até chegar a uma solução. O campo aquisição contém procedimentos para solicitar dados ao usuário quando for necessário. O campo infere-frame contém procedimentos para confirmar ou rejeitar cada "frame" de nível inferior através da comparação dos dados recebidos com os dados-padrões (situações típicas de avaria) armazenados nestes "frames". O campo infere-regra contém procedimentos para refinar o diagnóstico parcial obtido após a confirmação do "frame" de nível mais baixo na estrutura. O campo impressão contém os procedimentos para apresentação de justificativas de decisões, explicações sobre o diagnóstico e a conclusão, isto é, o diagnóstico.

Os campos de informação para inferência se destinam a armazenar informações dinâmicas, que são fornecidas pelo usuário e que podem mudar cada vez que o processo é iniciado; e informações estáticas, que são inerentes ao "frame", e, portanto, não mudam.

Os campos Dados-medidos e Sintoma-fornecido destinam-se para abrigar o conhecimento do domínio, no nível do objeto. Estes campos normalmente são vazios, e são preenchidos por ocasião de cada processo de diagnóstico. O campo dados-medidos recebe um conjunto de medidas de teste de bancada a que é submetido o equipamento. O campo Sintoma-fornecido recebe o sintoma que o equipamento avariado apresenta.

Os campos Dados-padrões, Sintomas-padrões e Regras, contém conhecimentos meta-nível ou conhecimentos acerca do próprio "frame". O campo Dados-padrões contém os padrões típicos de dados (isto é, um conjunto de medidas esperadas concernentes à hipótese do "frame" considerado), que o sistema utiliza para comparação com os testes de bancada. O campo Sintomas-padrões contém os sin-

tomas típicos (sintomas esperados relacionados com a hipótese do "frame" considerado), que o sistema utiliza para comparação com o sintoma apresentado pelo equipamento sob diagnóstico. O campo Regras contém o conjunto de regras aplicáveis no caso de se confirmar a hipótese que o "frame" representa.

Em geral, os frames consistem de uma coleção de slots (nichos ou escaninhos), onde se descrevem informações dos objetos. Cada slots pode conter:

- (a) Valores de atributos dos objetos;
- (b) Restrições que estabelecem os tipos de valores possíveis ou o valor máximo desses valores;
- (c) Procedimentos que permitam calcular a informação desejada;

Por exemplo, na fig.-3.5, é representado esta estrutura para o diagnóstico de uma avaria de um equipamento.

OBJETIVO: Diagnosticar avaria no carro.
 HIPÓTESE: Há avaria no carro.
 NÍVEL-INFERIOR: CXC, Motor, Trem-de-Rolam.
 INFERE-FRAME: Infira o próximo "frame" dentre os "frames" possíveis.

fig.-3.5 Frame "Diagnóstico".

A partir deste ponto de vista da solução de problemas, os processos de compreensão executam-se de acordo com a determinação de valores aos atributos dos frames distintos. Nestes processos de compreensão é essencial a função dos frames para formalizar os processos de inferência e as expectativas do sujeito. Por exemplo, a compreensão da frase "Para ir ao Rio de Janeiro vou ao Aeroporto", então precisa-se a inferência "vou ao aeroporto para pegar o avião". Chegamos a esta inferência através da ativação do

frame "aeroporto", do qual um dos argumentos é "pegar o avião". Este argumento é um frame....

==> As regras de produção.

Constituem um procedimento de notação muito usado em psicologia, criado por Newell (1966), que aproveitou as idéias de Post na elaboração de fórmulas matemáticas. Em sistemas de produção, "conhecimento associativo e dedutivo" é representado como um conjunto de domínio específico de regras condicionais.

Cada regra de produção é uma expressão que assume uma das três formas.

A primeira forma é:

ANTECEDENTE ==> CONSEQUENTE

Ex. IF X é um cachorro THEN é um animal.

A segunda forma é:

PREMISSA ==> CONCLUSÃO

Ex. IF tinta e gram-positivo THEN organismo é streptococcus.

A terceira forma é:

SITUAÇÃO ==> AÇÃO

Ex. IF temperatura é maior que 55°F THEN parar caldeira de vapor.

Em tais conjuntos de regras condicionais, se certas condições são verdadeiras, então as conclusões são também verdadeiras. Esta notação permite uma grande modularidade dos conhecimentos, mas causa dificuldade nas expressões dos algoritmos e dos procedimentos.

Este tipo de notação tem sido muito discutido em psicologia, pelo parentesco com a teoria de estímulo-resposta (Behaviorista).

3.4.- O controle na utilização de conhecimentos.

Solucionar um problema supõe realizar uma série de inferências, isto é, um controle de conhecimentos que devem ser usados para se chegar a um objetivo, e em que ordem devem ser ativados.

Um sistema de tratamento pode ser definido mediante a organização de seus conhecimentos e pela forma de controle das inferências.

3.4.1.- Formalização do controle com a ajuda de um programa de procedimentos.

A utilização de um programa de procedimentos para simular as atividades cognitivas estão muito desenvolvidas. Em geral, trata-se de modelos locais, que formalizam um procedimento e cujo objetivo é descrever dados em vez de propor modelos explicativos.

Certos modelos de procedimentos possuem um objetivo explicativo. Nos modelos "probabilísticos" (ver cap.-4) os parâmetros traduzem processos psicológicos. Por exemplo, Cauzinille-Marméche e Mathieu (1979), formalizaram a busca na memória durante a prova de reconhecimento. O modelo supõe que a busca na memória depende de um parâmetro. A variação deste parâmetro através de diferentes condições experimentais permite estabelecer com clareza a importância da busca na memória, segundo o contexto e segundo o hábito ao estímulo. A dificuldade que existe para calcular os parâmetros - e para interpretá-los, no caso de protocolos individuais - tem deixado ao abandono esta metodologia em benefício dos modelos determinísticos de procedimentos [TIB84].

Os modelos determinísticos usam a noção de "programa" para formalizar o progresso do sujeito. O controle das inferências armazena-se junto a cada conhecimento. Um organograma é utilizado

para representar uma estrutura. São os organogramas de procedimentos os que se comparam aos níveis distintos, e não às variações dos parâmetros no interior do mesmo organograma (2).

3.4.2.- Formalização do controle com a ajuda de um sistema de produção.

Em anos recentes, psicólogos cognitivistas (Newell e Simon em sua obra "Resolução Humana de Problemas", 1972) começaram a desenvolver modelos para apreender processos, usando programação, o qual é conhecido como sistemas de produção.

São sistemas que trabalham com um conjunto de conhecimentos, apresentados na forma de regras de produção. O controle das inferências é exterior aos conhecimentos.

Em geral, estes modelos são baseados na concepção de que o conhecimento é representado na memória de longo termo, na forma de regras de condição/ação. Cada uma dessas regras, chamadas produções, especifica a condição exata como a ação é executada. Um conjunto de produções, que é desenvolvido, constitui um sistema de produção. Por exemplo, o seguinte sistema de produção, pode representar o conhecimento, no qual uma criança recém nascida tem que tratar com o desconforto.

(2) Uma aplicação deste modelo encontra-se no artigo:

Que aporta os modelos de simulação a la comprensión de los problemas de reparto en niños de 4 a 7 años 7, por Claude Bastien, Annie Desprels-Fraysse, Aline Pelissier e Paul-Marie Pinelli - 1988 - España.

PRODUÇÃO I

Condição: if Você está num estado em que se sente desconfortável.

Ação : Then vire-se de lado.

PRODUÇÃO II

Condição: if Você está num estado em que se sente desconfortável e Você está virando-se de lado.

Ação : Then Chore.

PRODUÇÃO III

Condição: if Você está num estado desconfortável e
 Você está virando-se de lado
 e Você está chorando.

Ação : Then Grite e Chute o berço até despedaçá-lo.

Estas produções prevêm um conjunto graduado de respostas para muitas situações, no qual a criança não tendo o direito ao controle, executa o objetivo de quem não tem ninguém para intervir em seu favor.

Até agora, falamos acerca de produção de regras, na forma abstrata. Mas, que mecanismos seriam necessários para implementá-las como sistemas ? Neste sentido, seja, considerando-se um computador ou um ser humano, exige-se uma organização de estruturas para produzir ações em respostas à condições. Isto é conhecido como a arquitetura dos sistemas de produção. Em tal arquitetura, inclui-se uma memória de produção na qual a regra condição/ação será armazenada; uma memória de trabalho (limitada e uniforme), na qual as condições correntes podem ser armazenadas temporariamente; e finalmente, a ativação de regras para recuperar a produção armazenada, de modo a selecionar uma determinada ação para

uma condição corrente.

A memória de produção, simplesmente contém listas de produções incorporando regras condição/ação (IF/THEN). As regras representam o sistema procedural do conhecimento. Uma regra particular pode ser:

REGRA-1

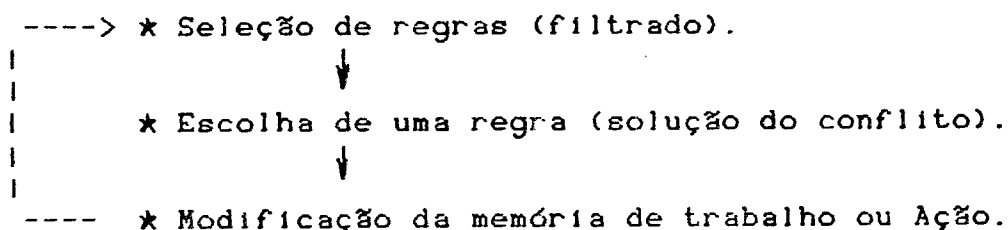
Condição: Você está caminhando e está chovendo.

Ação : Usar um impermeável e pegar um guarda-chuva.

A memória de produção pode ou não ser organizada. Isto é, regras podem ser agrupadas conjuntamente, em termos de objetivos, ou em termos de palavras chaves, ou ainda podem simplesmente ser adicionadas ao sistema, uma depois das outras, na medida em que são adquiridas.

A memória de trabalho é uma lista ordenada de elementos ou de símbolos, na qual o sistema pode operar num determinado espaço de tempo. A ordem das informações está determinada pelo momento em que elas ingressaram na memória. O espaço limitado está dado por regras "o último que entra é o último que sai" ou "o último que entra é o primeiro que sai". Os objetos da memória de trabalho consistem, por exemplo, em objetivos ou sub-objetivos. O conjunto de objetivos representa, de certa forma, a planificação do sistema num determinado momento.

O ciclo dos tratamentos durante a solução de problemas assume a seguinte forma:



Para iniciar algum procedimento de um sistema de produção, nós necessitamos da **ativação de regras**, comparando o conteúdo da memória de trabalho com o elemento "condição" das regras, na memória de produção. O estado de ativação das regras é quando algum padrão, trabalhando a memória, une as "condições IF", de uma produção, à "ação THEN". Tão breve como a ação é executada, o ciclo do padrão "IF/THEN" começa outra vez. Se o conteúdo da memória trabalhando, "está chovendo", e "eu estou caminhando", a ativação da regra vai fazer com que este emparelhe as condições de uma produção, e vai ativar as ações "usar um impermeável" e "pegar um guarda-chuva".

O sistema de produção precisa de duas ou mais regras que são aplicáveis para uma situação particular.

Temos vários modos para resolver conflitos entre regras: No caso da regra recente: Quando mais de uma regra se aplica para satisfazer a memória de trabalho, então deve-se escolher a regra mais recente, ingressada na memória (reflete-se a última informação ingressada). No caso da regra específica: quanto maior o número de regras específicas, melhor é caracterizada uma situação particular. Enfim, no caso das regras indocéis (rebeldes), quando um estado ativa uma regra conflitante, esta vai ser aplicada uma só vez.

3.4.3.- Formalização com ajuda de um sistema especialista.

Um sistema especialista, tal qual um sistema de produção, é um sistema dedutivo. Está integrado por três partes: uma base de conhecimentos, um motor de inferências e uma base de fatos [LAU82].

A **base de conhecimentos**, geralmente é um conjunto de regras de produção (às vezes possui protótipos). O fator fundamental é a independência recíproca dos conhecimentos. Isto permite modificar um conhecimento em qualquer momento, sem modificar os demais. Na base de conhecimentos também figuram meta-conhecimentos, quer dizer, conhecimentos sobre os conhecimentos, e em particular, estratégias de solução [CMW85].

O **motor de inferência** conduz a base de conhecimentos: decide que conhecimentos é preciso utilizar e constrói dedutivamente outros conhecimentos. Por exemplo, Se $P \Rightarrow Q$ na base de conhecimentos e se P está na base de fatos (P é verdadeiro), então o motor extrai a conclusão de que Q é verdadeiro.

A **base de fatos**, que reúne os dados do problema, os resultados das deduções do sistema e o resultado das ações.

O funcionamento do sistema repousa sobre a mesma base que os sistemas de produção, a diferença fundamental está nos processos de controle. Se o raciocínio é de "encadeamento para frente", a filtragem executa-se na parte esquerda da regra. O raciocínio vai desde o enunciado até o objetivo. Se o raciocínio é de "encadeamento para trás", a filtragem executa-se sobre a parte direita da regra. O raciocínio vai desde o objetivo até o enunciado. Os meta-conhecimentos que conduz o motor são os que decidem se estamos num encadeamento para frente ou para trás [CMD85].

A escolha da regra a ser utilizada, baseia-se sobre as mesmas regras de solução de conflito que os sistemas de produção. Num sistema especialista, esta escolha pode estar determinada por meta-regras que atuam como regras prioritárias, dependentes do contexto, e que só permitem filtrar com respeito a pacotes de regras. A escolha das regras, nestas circunstâncias, pode realizar-

se não sobre uma base sintática como nos sistemas de produção, mas sobre uma base semântica.

3.5.- Um exemplo de sistema formalizado.

Trata-se de um modelo de formalização dos processos cognitivos, (faculdade de conhecer) requeridos para compreender e resolver um problema de aritmética. Distinguimos os processos de compreensão de elaboração de um plano, dos processos de resolução de problema.

Vejamos o seguinte exemplo do problema de tipo "Troca" com resultado desconhecido: " João tinha oito bolas, dá cinco bolas a seu amigo. Com quantas bolas ficou João ? " .

A solução deste tipo de problema vai depender de duas classes de fatores: das relações semânticas usadas para descrever o problema e a natureza da incógnita. Dados experimentais permitem elaborar diversas teorias que explicam o enunciado e a solução mesma. O interesse teórico consiste em estabelecer uma ligação entre os processos de compreensão textual e os processos de solução. Outro interesse é de estudar mecanismos de solução que ponham em jogo os conhecimentos de procedimentos e os conhecimentos conceptuais.

3.5.1.- Os processos de compreensão.

Os processos de compreensão consistem de maneira fundamental em processos de elaboração e de transformação da representação do problema.

A representação do problema define-se através dos conhecimentos de procedimento e conceitos que são ativados. O trabalho de Simon e Newell (1972) deu grande importância à representação

dos problemas com transformação de estado. Foi estudada por Richard (1981) no problema da Torres de Hanoi.

Um primeiro processo de compreensão do problema é fazer a leitura do texto enunciado. Kintsch e Greeno (1985) em sua obra "Understanding and solving word arithmetic problems", propuseram um modelo de compreensão do enunciado do problema arimético. Este modelo usa a noção de esquema do problema de Riley, Greeno e Heller (1983). Os esquemas do problema representam as relações semânticas do enunciado e são marcos específicos.

Dentro da análise realizada, por Riley e outros autores, o esquema do problema ficaria segundo a fig.-3.6.

Este esquema tem três componentes principais: Uma quantidade inicial que representa o conjunto de partida de João. Ali aparece um evento que produz uma troca, neste caso, uma diminuição do conjunto inicial, que perde cinco membros. O resultado da troca é a quantidade final. O modelo começa por construir o primeiro componente baseando-se na frase "João tem oito bolas". Ao ter a frase "dá cinco bolas a Tom", o modelo infere que se trata de um problema do tipo "troca" e constrói o resto do esquema. Quando se lê a pergunta " quantas bolas ficam com João? ", o sistema questiona o objetivo de determinar essa quantidade desconhecida.

Podem participar outros procedimentos de elaboração de representações. Por exemplo, a representação pode ser elaborada procurando-se na memória um conhecimento protótipo. No caso de não se encontrar o protótipo, o sistema usa heurísticas para reduzir o problema proposto a um protótipo conhecido. Então, nos encontramos face à procedimentos do tipo analógico.

PROBLEMA TROCA

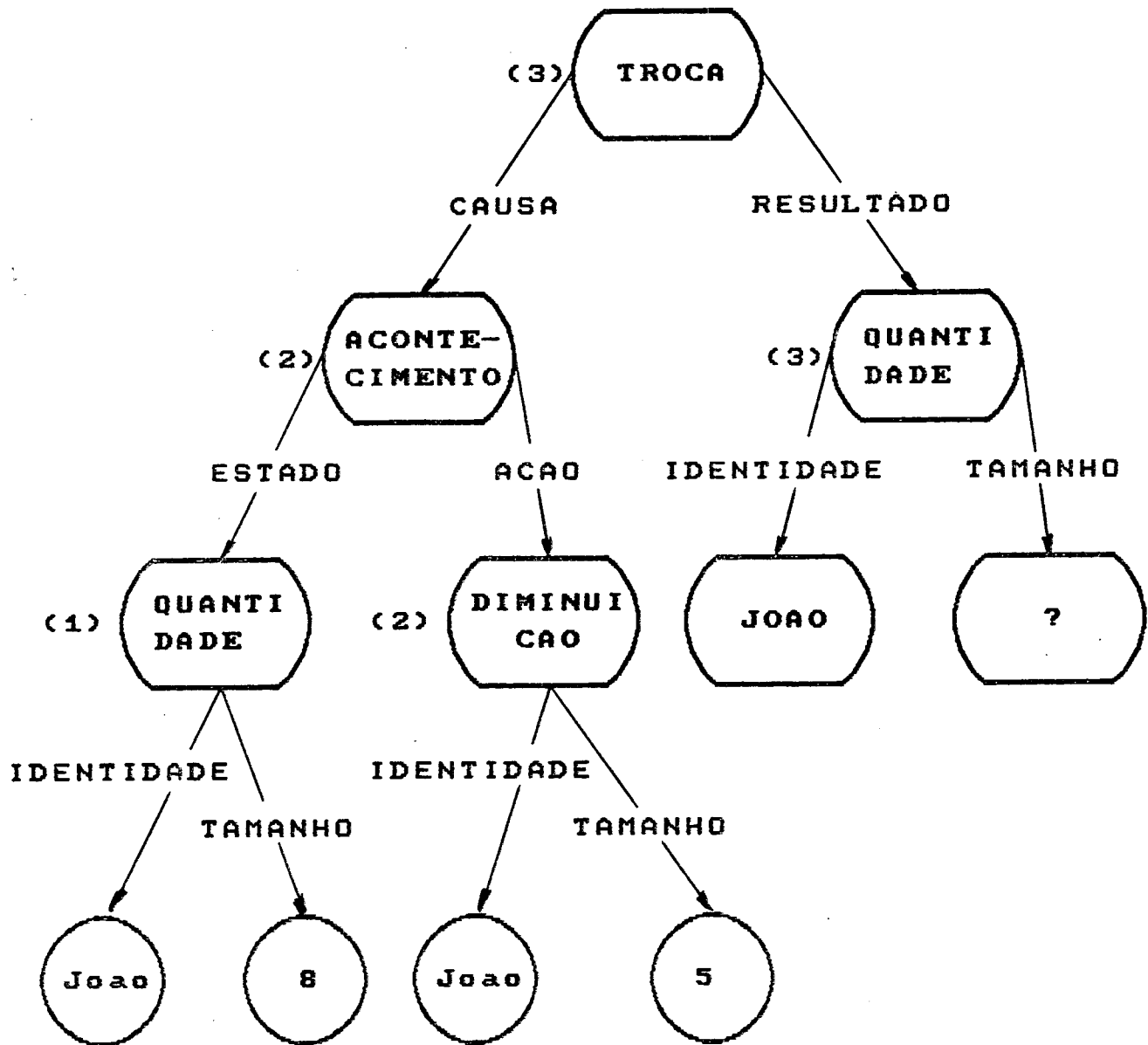


FIG.-3.6

3.5.2.- Elaboração de um plano.

A noção de plano foi desenvolvida, amplamente, nos trabalhos de Hoc (1982). Pode-se dizer que um plano é um programa mais ou menos detalhado e que compreende métodos de solução mais ou menos gerais. As redes de procedimentos introduzidas por Sacerdoti (1977) constituem a ferramenta fundamental de formalização. Os nexos, destas redes, representam ações com diferentes níveis de detalhe. Cadanexo contém conhecimentos procedurais e conhecimentos declarativos, e também indicadores que levam a outros nexos. Portanto, umnexo de rede pode fazer referência a nexos "filhos" que representam ações mais detalhadas. Uma importante consequência é que as redes de procedimentos podem ser considerados como marcos específicos.

No modelo de Riley e outros autores (1983), o sistema faz em primeiro lugar um enfoque geral, em seguida decide ações mais específicas e, finalmente interessa-se pelos detalhes. A partir do momento em que um plano é enfocado, o modelo executa as ações associadas a este plano, para alcançar um objetivo desejado. Neste sentido, cumpridos os requisitos do plano, ocorrerá seu processamento, caso contrário ele se tornará um sub-objetivo de um outro plano.

3.5.3.- Os processos de solução.

Uma vez escolhido um plano, seu êxito permite alcançar determinado número de objetivos e sub-objetivos. Alguns destes são imediatos, mas outros precisam ir a procedimentos específicos, por exemplo, a cálculos.

3.6.- A aquisição de conhecimentos e seu desenvolvimento.

No momento atual, o estudo da aquisição dos conhecimentos trata sobre a evolução dos conhecimentos complexos e sobre os mecanismos encarregados de ir desde um nível de conhecimentos à outro.

Os diferentes níveis se traduzem em sistemas de produção, em que uns estão unidos à outros, formalizando um processo de incremento dos conhecimentos. Também podem-se comparar esquemas, que correspondam cada um deles a um nível diferente.

Nas situações em que os conhecimentos são complexos, poucos pesquisadores têm emitido hipóteses sobre os mecanismos de evolução dos conhecimentos.

O princípio fundamental na evolução de um sistema compreende dois aspectos: A construção de um desenho de procedimento e os diversos mecanismos que mudam os conhecimentos, iniciando com as informações daquele desenho.

Neste sentido, alguns mecanismos devem ser levados em consideração, tais como: analogia, generalização, especificação e retorno.

A analogia é fácil de representar, em termos de frame ou de regras de produção. Estudos em I.A. como o de Mac Dermott (1980) no programa ANA, mostra a função que o sistema desempenha, na aquisição de conhecimentos. Este sistema, cria novas regras de produção por analogia.

A generalização e a especificação também constituem mecanismos muito frequentes em I.A.. Por exemplo, omite-se ou agrega-se condições às regras de produção.

O reforço é um mecanismo de aprendizagem que se baseia sobre numerosos trabalhos experimentais. Foi utilizado em I.A., e em psicologia dentro do modelo ACT de Anderson (1983) (ver Anexo. -1).

Estes mecanismos podem criar novos conhecimentos (regras, por exemplo) ou modificar os já existentes. Podem atuar sobre a representação do problema, mudando os objetivos e os sub-objetivos. Uma melhor exposição encontra-se na obra de Anderson (1981) em "Cognitive skill and their acquisition" e Michalski (1983) em "A theory and methodology of induction learning".

3.7.- Conclusão.

O postulado fundamental que justifica a formalização (executado de acordo com as regras ou cláusulas) das atividades cognitivas, através dos métodos de I. A., é o seguinte: A mente humana é uma realização física de um sistema de processamento da informação, de modo semelhante ao reproduzido pelos computadores.

A pertinência deste postulado, cuja origem é claramente informática, coloca em dúvida alguns aspectos até então aceites em psicologia.

Na perspectiva deste postulado, a I. A. tem proporcionado uns conceitos e uns exemplos de sistemas de processamento, ainda que a I.A. seja uma linguagem formalizada que descreve as operações do pensamento e a organização dos conhecimentos. Ao lado de conceitos psicológicos clássicos (memória de trabalho..), têm aparecido novos conceitos da I.A. (ativação, rede..). Por isso, é preciso uma análise extremadamente fina destes "conceitos", já que muitas vezes tratam-se de noções de origem psicológica que posteriormente foram usadas pela I.A.. Assim, os primeiros traba-

lhos com jogos de xadrez introduziram na I.A. conceitos psicológicos usados por De Groot (op. cit.). Da mesma forma, Minsky (op. cit.) configurou a noção de frame com o objetivo de que fosse usada em I.A., e que hoje é encontrada na psicologia. Dentro do postulado do sistema de processamento de informação a I.A. não só é uma ferramenta para construir modelos teóricos, como também, uma fonte de conceitos e de heurísticas, que a ergonomia cognitiva poderá dispor, na formalização de métodos e técnicas de análise das atividades mentais de trabalho.

CAPÍTULO IV

TEORIA GERAL PARA A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS.

4.1.- Introdução.

Para resolver certos problemas, é necessário a informação contida na declaração do problema - uma característica comum de problemas quebra-cabeças. Para outros outros problemas, pode ser exigido a utilização de grandes quantidades de armazenamentos de informação, na memória de longo termo, ou ainda, em recursos de referência externa.

Neste sentido, o presente capítulo procura mostrar, da forma mais precisa possível, como está estruturado e quais mecanismos participam do processamento da informação, no ser humano, e de que forma as informações ou os conhecimentos adquiridos são organizados, para determinar a solução de um determinado problema. Neste último ponto, vamos a usar a teoria da I.A. (conceito de esquema) para explicar essa atividade. Todavia, veremos que esta teoria revela-se limitada para formalizar o conceito psicológico de esquema e diagrama.

4.2.- O sistema de processamento da informação. (S.P.I.).

A noção fundamental do sistema de processamento da informação é que os seres humanos percebem informações do meio ambiente,

transformam estas informações, de acordo com os objetivos pré-estabelecidos pelo sistema nervoso central e usam estas informações transformadas como base para futuros comportamentos (tomada de decisão).

A comunicação é um termo genérico, usado para designar o processo de compartilhamento dos pensamentos, conhecimentos, desejos, intenções, sentimentos, estados de ânimo. Para fins teóricos ou de pesquisa esse processo de compartilhamento entre as pessoas em virtude da comunicação, chama-se "informação". Então, comunicar é transmitir informação.

O ser humano é um sistema altamente complexo, que luta para impor organização e sentido às informações que recebe através dos órgãos sensoriais. Processar informação é a principal tarefa mental a que se dedicam os seres humanos. As pessoas detectam continuamente informações do ambiente e as interpretam com base em experiências passadas. A informação captada pelos órgãos sensoriais, é selecionada, interpretada, classificada e organizada pela mente humana. O homem não só memoriza, como também pode recuperar as informações disponíveis na memória, para aplicá-las a uma extraordinária variedade de operações, entre as quais a de guiar nossos próprios atos, refletir, avaliar, resolver problemas, e criar novas informações sob a forma de idéias, produtos, processos, etc.

Para Newell e Simon a estrutura de um S.P.I. é a de uma máquina de Turing universal. Ela está composta por um processador, uma memória, receptores e transmissores, que são usados para se comunicar com o mundo exterior, onde a amplitude desta memória é limitada em itens, com significado que lhe são apresentados, e não pelas variáveis físicas (como por exemplo: número de pala-

vras e imagens) ver fig.-4.1.

Ampliando a arquitetura do S.P.I. mostrada anteriormente, com conceitos cognitivos, o sistema passaria a ter a forma mostrada na fig.-4.2.

Este modelo é aplicável de forma rápida a um "sistema humano" ou "sistema informático". A característica fundamental deste sistema é sua capacidade de manipular conjunto de símbolos. Os símbolos podem representar informações procedentes do mundo exterior ou operações que é preciso realizar com outros símbolos. Isto é, podem ser organizados para definir relações entre objetos.

Nesses objetos, atuam processos que representam eles próprios na forma de símbolos. As comparações entre conjuntos de símbolos e o armazenamento dos mesmos na memória constitui exemplos de sua manipulação.

Em consequência, o pensamento humano pode ser descrito como um sistema que executa "símbolos-físicos" [NEW80]. Com base nesta, idéia podem ser definidas duas concepções da função da I.A., segundo o estatuto que se dê ao conceito da S.P.I..

4.2.1.- As concepções da função da I.A.

==> A perspectiva unitária.

Este enfoque postula que o homem é um S.P.I. particular. Assim sendo, a consequência imediata é que existe uma identidade entre os conceitos da I.A. e os conceitos da psicologia. As diferenças entre estes dois sistemas de processamento não é de natureza teórica, mas sim de natureza prática, isto é, seus objetivos são diferentes.

ARQUITETURA BASICA DO SISTEMA DE PROCESSAMENTO DA INFORMACAO SEGUNDO A MAQUINA DE TURING UNIUERSAL

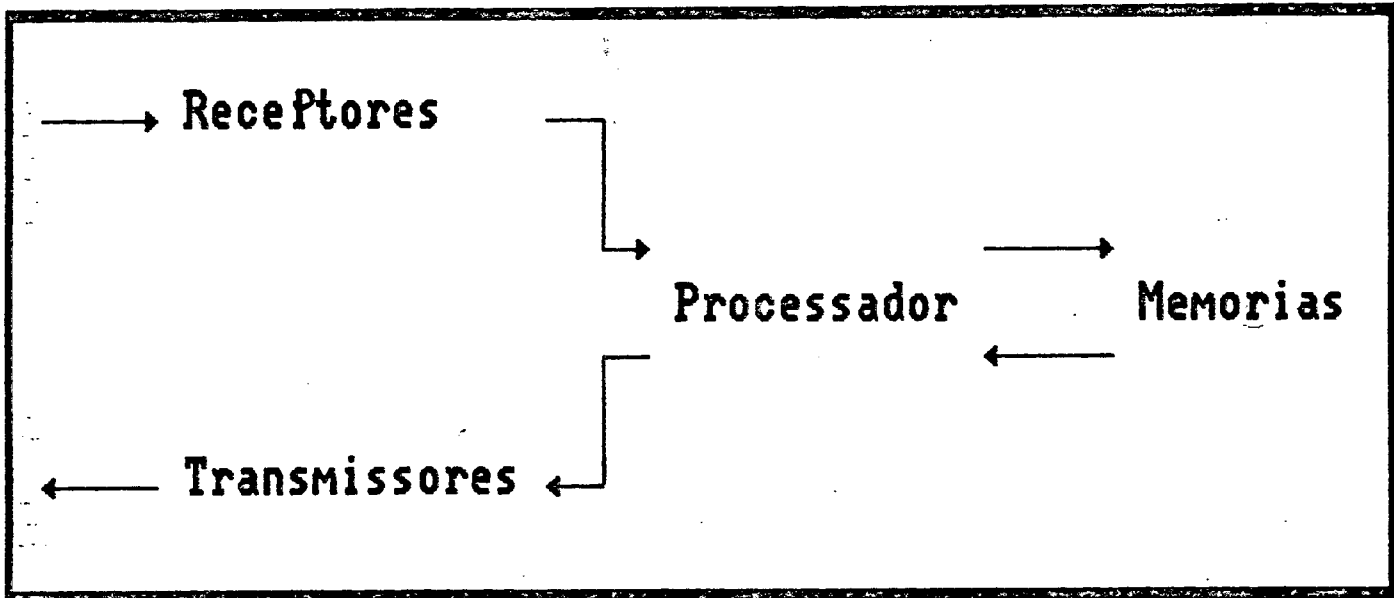


FIG.-4.1

TEORIA DE PROCESSAMENTO DA INFORMACAO

PESSOA QUE
RESOLVE O
PROBLEMA.

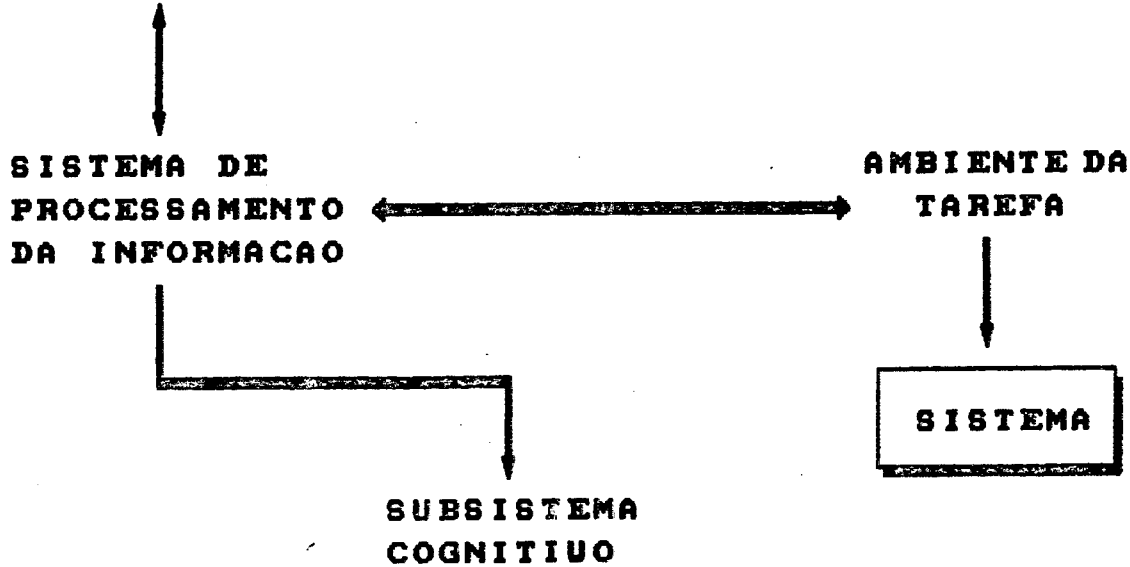


FIG.-4.2

Simon e Newell em 1961, postularam que "a conduta do sujeito está regulada por um programa, que se organiza, a partir de um conjunto de processos elementares, de processamento da informação". Assim, cada conceito teórico deve dispor de uma justificativa de ordem psicológica, através de dados experimentais, e de uma justificativa informática através de um programa. A prova consiste na simulação dos resultados experimentais mediante o programa, isto é, na correlação entre as etapas do raciocínio (quando o sujeito as expressa) e as etapas do programa.

==> A perspectiva dualista.

Neste enfoque, aborda-se simultaneamente, os dois campos, tanto os conceitos da I.A., quanto os conceitos da psicologia. De fato, a I.A. fornece ferramentas e conceitos que podem ser introduzidos no terreno próprio de uma teoria psicológica. A afirmação segundo a qual o homem é um S.P.I. não é mais do que uma metáfora que permite elaborar conceitos psicológicos. Assim, a I.A. proporciona, em primeiro lugar, linguagens formalizadas que permitem expressar uma teoria, por exemplo: as regras de produção, as redes semânticas ou os frames. Então, através de um programa constrói-se uma possível realização (um modelo) da teoria. Assim, a teoria "experimenta-se" através de uma simulação efetiva. Por exemplo, a arquitetura cognitiva e os processos de controle podem formalizar-se com ajuda dos sistemas especialistas [CMW85]. Diferentemente da perspectiva unitária, o funcionamento efetivo do programa não se constitui num elemento fundamental, mas esse programa deve interpretar os conceitos psicológicos pertinentes.

A perspectiva dualista postula, ainda, que a teoria psicológica é um fator essencial e que o programa não é mais do que uma

descrição, uma metáfora, de certos aspectos desta teoria. A I.A. é uma ferramenta que deve ser modificada para que se adapte às especificações formuladas teóricamente. Ao mesmo tempo, o processo de elaboração de modelos e as técnicas da I.A. têm um valor heurístico para a construção teórica.

4.2.2.- A entrada de informação.†

Na vida cotidiana, nós procuramos, detectamos, apreendemos, incorporamos e utilizamos informações. Assim, as informações existem como representações internas armazenadas em estruturas cognitivas. Manipulamos de várias formas essas representações organizadas, a fim de responder de modo adaptado às demandas do ambiente. O S.P.I. no ser humano é um processo contínuo, dinâmico, complexo e adaptativo, capaz de modelar sua atuação dentro de limites abrangentes para as exigências de certas tarefas, capaz de modificar sua atuação, substancialmente, através do tempo por aprendizagem. Estes sistemas estabelecem limites amplos sobre atuações possíveis, mas não determinam a atuação em detalhe.

Os processos elementares do S.P.I. são executados em décimos ou céntimos de milisegundos. Os "inputs" e "outputs" desses processos são contidos numa memória de curto termo, com capacidade limitada de (digamos entre 4 e 7) símbolos familiares, ou traços. O sistema permite acessar a uma memória de longo termo, mas o tempo exigido para memorizar um novo traço é da ordem de alguns décimos de segundos.

Afora seus órgãos sensoriais, o S.P.I. opera quase que inteiramente de forma serial. Esta é a teoria da noção clássica, de que a memória é uma rede associativa. Todavia, esta teoria tem sofrido algumas modificações, tendo em vista que a memória pode

ser representada como uma organização de estrutura de listas.

A distinção entre uma memória clássica associativa e uma memória de estrutura de listas, é que a primeira consiste de associações simples não diferenciadas entre pares de nós, enquanto que a segunda consiste de relações específicas e distintas, entre tais pares. Assim, a memória do primeiro tipo, pode representar um nó como sendo associado a um outro nó, enquanto que na memória de estrutura de lista, pode representar um nó como identificando a cor do objeto especificado por outro: seu tamanho, seu oposto, uma sub-classe e assim por diante.

Entrada refere-se tanto às portas sensoriais abertas, para que a informação passe do ambiente para o sistema nervoso central, como aos mecanismos e recursos de que este dispõe, para buscar, detectar e captar parte da massa de informações disponíveis no meio que o cerca. Os processos neurofisiológicos e psicológicos envolvidos na entrada de informação são numerosos e complexos. A atenção seletiva, a atenção focal e percepção são frequentemente usados para designar a entrada sensorial. Neste primeiro estágio, dá-se a apreensão ou apropriação de uma porção limitada das informações que, num momento dado e num dado espaço, são objeto da nossa atenção.

Não basta captar dados sensoriais brutos. Precisamos discriminar, reconhecer e identificar operações mentais que dependem de experiências passadas. Precisamos registrar temporariamente ou permanentemente a informação na mente, compreender seu significado, transformá-la de modo a ajustá-la às estruturas cognitivas pré-existentes. Realizamos mentalmente operações lógicas, estabelecemos relações, fazemos inferências, analisamos e reestruturamos nossas representações mentais, formulamos hipóteses e planos

de ação, tomamos decisões, valemo-nos de diferentes procedimentos para resolver problemas. Esses e outros trabalhos da mente "recebem a denominação genérica de **processamento de informação**". Nossa mente funciona, então, como uma central de informação.

Assim como os computadores contam com "programas", isto é, com séries de instruções que lhes dizem precisamente o que devem fazer com os dados, assim também podemos imaginar as pessoas como possuidoras de "programas mentais", nelas embutidos naturalmente, ou deliberadamente ensinados e apreendidos. O comportamento e a vida psíquica podem, assim, ser concebidos como base numa integração dinâmica entre informações entrantes, informações retidas de modo duradouro na memória e programas com os quais o ser humano processa as informações. O processamento de informações requer informações contidas na memória sob a forma de representações, mas requer igualmente a ativação de programas orientadores da execução de operações mentais com essas operações. Assim, "programa" é um plano operacional que dirige o processamento humano de informação em qualquer uma de suas etapas, desde a entrada (busca, detecção, reconhecimento de padrão) e o armazenamento em estruturas semânticas, até a saída de informação.

"A representação na memória não é uma base suficiente para o pensamento", escreve Posner (1980, p.79). "Devemos ser capazes de reorganizar a informação a fim de resolver problemas, desenvolver novas estruturas e interpretar as coisas que nos rodeiam. Conseguimos isto, quando operamos sobre as estruturas armazenadas em nossa memória. Uma operação mental é uma transformação interna da informação. Tais operações não obliteram (apagam, fazem desaparecer) as estruturas que existiam antes, mas criam novas estruturas, que podem por sua vez ser codificadas na memória de longo

termo". De acordo com Posner, contamos com operações programadas para abstração de informação de forma sensorial para a estrutura semântica, de modo que a informação de entrada seja representada internamente de forma condensada; com operações que possibilitem a síntese ou elaboração de novas representações, a partir de componentes armazenados. [PFR87].

Convém ressaltar que processamento de informação é mais do que processamento de dados. Dados são símbolos que representam a informação; no processamento da mesma, interessamo-nos menos por esses símbolos físicos em si e mais as suas representações (com seus significados e transformações) dentro de cada indivíduo. A central de informação alojada em nossos cérebros controla esse processamento, conta com um imenso depósito de informações e se vale de programas e estratégias para a coleta, registro, interpretação, transformação e uso de informações. O papel desempenhado pelos conhecimentos e experiências passadas, contido na memória humana, é decisivo nesse processamento. A memória acumula uma enorme quantidade de conhecimentos e habilidades - fatos, significados, crenças, teorias de um lado, e de outro, regras, procedimentos, modo de operar as informações disponíveis ou entrantes. Por conseguinte, no processamento de informação a "memória" constitui um foco importante neste processo e é por isso que ela será tratada de uma maneira específica no capítulo seguinte.

→ 4.3. Um modelo de processamento de informação na solução de problemas.

Algumas características básicas do sistema humano de processamento de informação apoiam-se na resolução de problemas. Afora seus órgãos sensoriais, o sistema geral opera quase serialmente,

e é refletido no pouco espaço de seu enfoque momentâneo de atenção.

Este modelo é útil porque contém um roteiro, que contém estágios identificados, que servem como base para uma análise adicional. Portanto, os assuntos relevantes começam a surgir no momento em que, procuramos discriminar as informações, e neste ponto precisamos construir tipos específicos de problemas e não problemas em geral. Esta progressão é ilustrada por Greenós em "Discussão de resolução de problemas" (1973). Segundo ele, "A tarefa do sujeito é encontrar uma maneira de transformar uma situação inicial ou um conjunto de variáveis dadas, numa situação desejada ou num conjunto de variáveis não encontradas" (ver fig.-4.3) que pode ser expandida dentro de um sub-conjunto de processos (ver fig.-4.4).

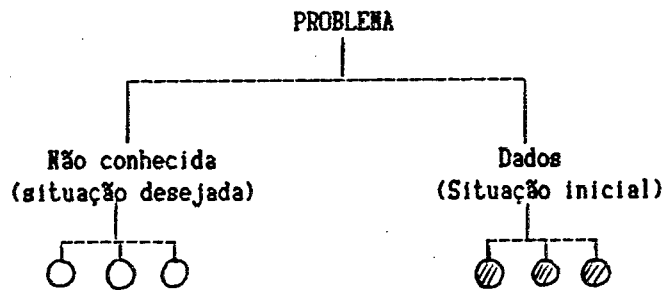


fig.-4.3 Representação hipotética de um problema em estrutura cognitiva.

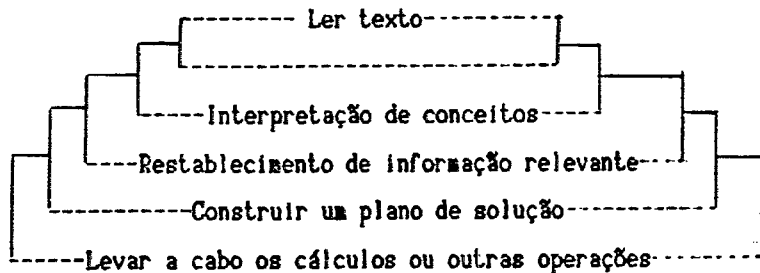


fig.-4.4 Estágios que provavelmente são envolvidos na resolução de problemas.

Estes estágios estão encaixados e podem ocorrer simultaneamente, ou em sequência sobre-posta. O modelo de Greenó torna-se mais interessante quando ele começa a desencaixar, "Trazer informação relevante", e distinguir entre problemas que requerem diferentes tipos de informação. Por exemplo, no problema "qual a distância entre A e B?" pode ser resolvido recuperando-se uma regra completa de operação, a qual é guardada na memória como "distância = velocidade x tempo".

Um problema como "Onde têm ido todas as andorinhas?", pode ser resolvido por recuperação de proposições guardadas, tais como: "andorinhas são pássaros migratórios" e "pássaros migratórios vão ao sul no inverno". Outros problemas requerem informação armazenada para ser reestruturada ou transformada. Se o problema demanda um estímulo de velocidade instantânea em vez de distância, a regra operativa deve ser transformada; e em alguns problemas os elementos dos mesmos, podem necessitar ser reclassificados instantaneamente. A transformação é requerida na interpretação de estágios.

4.4.- A organização dos conhecimentos para a solução de problemas: Uma visão sobre o conceito de esquema.

4.4.1.- Introdução.

Há muito tempo, a atividade de solução de problemas foi imaginada como uma iteração entre duas funções essenciais (Duncker, 1945): A compreensão do problema e a elaboração de uma solução. A compreensão do problema, pode ser resumido, na construção de uma representação do objetivo e dos requisitos que devem ser satisfeitos para alcançá-lo. Frequentemente a compreensão implica as-

similar o problema atual a uma classe de problemas já conhecidos. Neste caso, a representação é construída na particularização de estruturas esquemáticas e assimiladas (apreendidas), elaboradas por meio de generalizações da experiência anterior.

Estas estruturas são estáticas (ou declarativas): Representam propriedades de objetos ou relações entre objetos. De qualquer modo, estão vinculadas muito diretamente a unidades da mesma: Procedimentos de execução ou estratégias de elaboração de procedimentos. Na terminologia psicológica, às vezes coloca-se o acento nos aspectos de procedimento de tais estruturas (por exemplo, nos esquemas de ação: Piaget, 1924) e às vezes em seus aspectos declarativos (esquemas de Bartlett, 1932, ou esquemas antecipadores do objeto de Selz, 1924).

Os primeiros modelos informáticos de solução de problemas (os modelos de tratamento da informação), inicialmente tratam os aspectos de procedimento da atividade (elaboração de procedimentos). O GPS (General Problem Solver) de Newell, Shaw e Simon (1959) mostra de uma maneira expressiva estes intentos. O propósito de tais autores foi configurar um modelo de estratégia geral para a solução de problema (estratégia dos Meios e dos fins) através de uma estrutura de procedimento geral, o mais independente possível dos conhecimentos específicos do sujeito num determinado momento do problema. Em consequência, os sujeitos examinados deviam tratar os problemas, onde seus conhecimentos específicos eram quase inexistentes. O assunto da organização dos conhecimentos era estudado separadamente e, por seu próprio interesse, nas pesquisas a respeito da memória semântica.

Nas situações comuns de solução de problemas, por exemplo numa atividade de ensino e de trabalho, os conhecimentos prévios

do sujeito são determinantes na solução de um problema, até o ponto em que este problema pode ficar quase solucionado, como resultado de uma atividade de compreensão. Por isso, na atualidade, surgem modelos que integram atividades de compreensão e de elaboração de procedimentos [NOR75, AND76]. Nestes modelos explicam-se as relações entre a memória declarativa e a memória procedural.

Para explicar com precisão as estruturas assimiladoras (apreensíveis), que têm participação na compreensão de problemas, frequentemente estes modelos têm tomado de empréstimo, construções elaboradas pela I.A.. Assim, esta disciplina interessa-se diretamente pelo tema da compreensão sobre o título de "representação dos conhecimentos", sobretudo nos sistemas especialistas [LAU82]. Estas formalizações podem-se agrupar com um título genérico de "esquema", embora são usados diversos termos, "marco" (ou "frame", em Minsky, 1975), "cenário" ou "plano de ações" e HOPs ("scrip", "Memory Organization Packet", em Schank e Abelson, 1977, Schank, 1980) ou "beta-estrutura" (em Moore e Newell, 1974).

Aqui, vamos analisar os interesses e as limitações destas construções teóricas, para a formalização do conceito psicológico de esquema e de diagrama, segundo três de seus principais aspectos:

- * Os mecanismos de apreensão e de acomodação nos quais têm implicância;

- * As relações entre os diferentes esquemas e sua articulação, e

- * A articulação entre os aspectos declarativos e procedurais do conhecimento.

4.4.2.- Apreensão e acomodação.

A primeira tentativa de formalização dos aspectos declarativos do esquema foi obra de Minsky (1975), numa perspectiva de reconhecimento de formas mediante um frame. Neste sentido, mostra-se pouco eficaz um método ascendente (dirigido numa forma exclusiva pelos dados), para o análise de uma configuração geométrica. Embora, o principal objetivo de uma sistema artificial seja obter, por certo, essa eficácia. Assim, o autor propõe que participem os conhecimentos dos elementos invariáveis das estruturas comuns, por exemplo os prismas, o retângulo, etc. Depois de ter sido lembrados, estes elementos invariáveis - chamados frames - estabelecerão sistemas de expectativas ou de hipóteses, que serão usados para reconhecer o estímulo apresentado. Um frame é uma aplicação consistente, pela forma de sua descrição esquemática que dá a um estímulo particular. Nesta particularização, pode ser avaliado a coerência entre o frame (a hipótese) e as observações empíricas. No caso de incoerência, estabelece-se um mecanismo de acomodação, o qual orienta a análise de outro frame, segundo o tipo de distanciamento que fora determinado, transmitindo a este novo frame a informação antes obtida.

A maioria dos autores formalizam os esquemas deste modo, enquanto os sistemas de relações entre variáveis, são particularizados no momento de sua aplicação. Estes esquemas, são estruturas assimiladoras frente a um determinado contexto, que orientam a tomada de informações dos diversos aspectos de uma situação, e ao mesmo tempo completam as lacunas que aparecem na informação [ESC84]. Por isso, no estudo da concepção e da compreensão de programas informática, os conhecimentos são formalizados mediante planos de programação (Hoc, 1979), marcos (Soloway, Ehrlich, Bo-

nar e Greenspan, 1982) ou esquemas (Brooks, 1983). Na fig.-4.5 pode-se apreciar um exemplo destes últimos.

Porém, estas estruturas assimiladoras ou apreensíveis não podem ser aplicadas, nesta forma a objetos poucos conhecidos. Assim, frente à apreensão por particularização de uma estrutura esquemática, Moore e Newell (1974), propuseram uma forma de assimilação mais flexível por analogia, com ajuda de uma estrutura diferente: A "beta-estrutura". Segundo esta concepção, um objeto X se assimila com um objeto Y, na medida em que exista uma analogia entre certas propriedades de X e certas propriedades de Y. Assim, como se observa na fig.-4.6, esta correspondência análoga, exige que intervenham objetos supra-ordinários.

Atualmente, estas construções formais, só tratam de aspectos limitados do duplo mecanismo de apreensão e acomodação. Neste sentido, seria mais conveniente melhor explicar a função que desempenham os indícios, recolhidos em cada situação específica, dentro da recuperação dos primeiros esquemas e dos mecanismos de elaboração de esquemas.

4.4.3.- Relações entre esquemas.

O principal interesse destas formalizações, dentro do contexto de solução de problemas, é a compreensão da situação na atividade. Para realizá-lo, as unidades básicas constituídas pelos esquemas são insuficientes: é preciso considerar suas relações recíprocas, com o objetivo de descrever a forma como ocorrem na prática. Por exemplo, estudando programação informática, chegamos a propor o conceito de "sistemas de representação e de tratamento" (Hoc, 1977, 1979) para expressar:

EXEMPLO DE APLICACAO DE UM ESQUEMA PARA A DETECCAO DE ERROS NUM PROGRAMA INFORMATICO

<p>PARTE DO PROGRAMA NA QUAL APLICA-SE O ESQUEMA.</p>	<p>ESQUEMA: "PLANO DE TOTALIZACAO CONTROLADA PELO NUMERO LIDO.</p>	<p>PARTICULARIZACAO DO ESQUEMA.</p>
---	--	-------------------------------------

```

-----
.....          -VARIAVEIS: TOTAL.....> A
                NUMERO.....> X

A = B

WHILE X1=999 DO -CONDICAO DE PARADA:
                NUMERO=NUMERO FICTICIO.....> X=999

BEGIN

                -INICIALIZACOES:
READLN (X)      DO TOTAL A B .....A:=B
A1 = A + X     DO NUMERO MEDIANTE A
                LEITURA .....READLN(X)

END

                -ACOES REPETIDAS:
---          PROUAR -----> WHILE X1=999
                SEGUIDO A TOTALIZAR .. A1=A + X
                SEGUIDO A LER .. READLN(X)

```

... DETECCAO E CORRECCAO DE ERROS ENQUANTO DURA A PARTICULARIZACAO. EM CERTOS CASOS, A INCOERENCIA NAO LEVA A DETECCAO DE UM ERRO SENAO A USAR OUTRO ESQUEMA.

FIG.-4.5

EXEMPLO DE BUSCA DE UMA ANALOGIA ENTRE UMA GARAGEM E UMA CASA, SEGUNDO O PRINCIPIO DAS BETAS-ESTRUTURAS DE MOORE E NEWELL (1974)

PROCEDIMENTO PARA ACHAR
UMA ANALOGIA (REPRESENTADA
X/Y) ENTRE X e Y:

APLICACAO DO PROCEDIMENTO
GARAGEM / CASA.

1) BUSCAR UM ESQUEMA SUPRA-
ORDINARIO COMUM Z EM QUE:
X: (Z X1 X2.....)

GARAGEM:
(LOCAL ONDE SE GUARDAM
OS CARROS...)

(" X PODE SER CONSIDERADO
COMO UM Z, COM AS ESPECI-
FICACOES X1, X2, ...")
Y: (Z Y1, Y2...)

CASA:
(LOCAL ONDE HABITAM AS
PESSOAS...)

2) BUSCAR SE AS ESPECIFICA-
COES DE Z PARA X PODEM
SER CONSIDERADAS COMO
AS DE Z PARA Y. EM CASO
AFIRMATIVO:
X: (Y, X' 1/Y1, X' 2/Y2...)

GARAGEM:
(CASA PARA
CARROS/PESSOAS...)

FIG.-4.6

==> A conexão no indivíduo entre os conhecimentos associados à um certo número de problemas, por exemplo a noção de "campo conceitual" em Vergnaud [VER82];

==> A construção de uma estrutura assimiladora, depende do âmbito, para o aprendizado e a solução de problemas nesse âmbito, ao estilo das "estruturas significativas para o aprendizado" (Meaningful learning sets) de Ausubel [AUS68] e,

==> A união forte entre as representações e os tratamentos.

Os esquemas devem ser colocados novamente dentro destas estruturas de conjunto, com o objetivo de estudar suas relações. As formalizações mostram duas grandes categorias de relações:

==> Relações de dependência hierárquica entre esquemas gerais (mais associados ao âmbito tomado em consideração) e esquemas específicos e,

==> Relações denominadas "heterárquicas" ou "hetero-hierárquicas", que se referem eventualmente a esquemas de um mesmo nível.

A evolução da "Teoria da dependência conceitual" de Schank e Abelson (1977) e Schank (1980) mostra o problema de hierarquização dos esquemas. No âmbito da compreensão linguística, estes autores propuseram uma formalização do esquema mediante um roteiro ("guia de notas" - "script"), quer dizer, uma sequência estereotipada (fixa, inalterável) de acontecimentos dentro de um contexto particular. Estas estruturas permitem dar ao sujeito raciocínio pelas inferências realizadas, na compreensão de suas narrações em situações habituais.

Deste modo, com estas descrições específicas, não se podem explicar fenômenos como a confusão entre situações ou apreensão de situações realmente novas. Por isso, Schank (1980) propôs uma

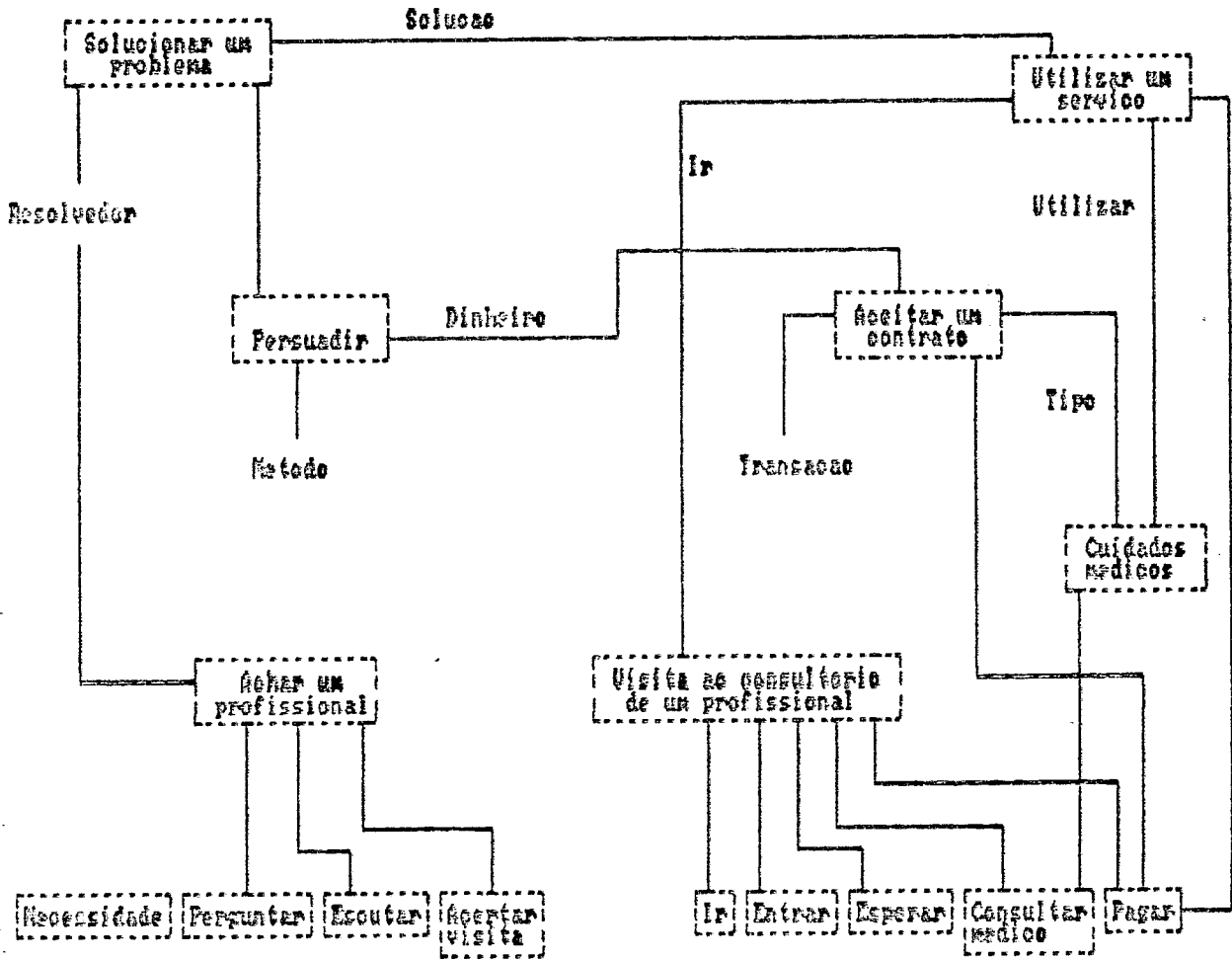
organização hierárquica dos esquemas, cujos roteiros constituem-se em unidades terminais, que não se memorizam, mas que se reconstroem, no momento de sua colocação em prática. As unidades mnemônicas efetivas são qualificadas de módulos de organização da memória (MOP, "Memory Organization Packet"), que proporcionam expectativas a qualquer nível de generalização. Estes módulos são construídos por um processo de generalização e de abstração, a partir dos roteiros, onde as informações efetivamente memorizadas, de um determinado roteiro se reduzirão aquelas que não aparecem nos MOPs supra-ordenados.

Assim, sendo, quando se generaliza uma série de acontecimentos, os MOPs adquirem uma dimensão modular: os eventos comuns a diversas situações adquirem uma certa autonomia e formam diferentes MOPs, que podem ser configurados de diferentes formas, nas diversas situações. Contudo, os diferentes, MOPs evocados numa determinada situação, podem estar sobrepostos e, portanto, serem tratados em paralelo (ver fig.-4.7). Em tal caso, as relações podem ser "hetero-hierárquicas". Na solução de problemas colocam-se, de forma paralela, vários esquemas (por, exemplo, o tratamento paralelo de vários planos, no xadrez; De Groot, 1965). As relações analógicas entre esquemas, como a formaliza Moore e Newell (1974), são do tipo hetero-hierárquicas e, desempenham uma importante função, na solução de problemas [CMW85].

4.4.4.- Conhecimentos declarativos e conhecimentos procedurais.

Para a I.A. o problema de escolher entre as duas formas de representação dos conhecimentos - declarativa (estática) ou procedural (dinâmica) - constitui-se num problema essencialmente téc-

RELACOES ENTRE OS DIVERSOS MOP



Os MOPs são colocados em prática dentro da reconstrução do cenário "Visita ao médico" (Os MOPs, estão dentro do quadro, a linha inferior constitui o roteiro segundo Schank, 1983).

FIG.-4.7

nico [WIN75].

A concepção declarativa do conhecimento leva a representá-lo na forma de um conjunto de fatos específicos, que têm determinados âmbitos do conhecimento, associado a eles procedimentos gerais, com objeto de dirigir fatos de todo tipo. Ao contrário, uma concepção puramente procedural, só leva em conta os procedimentos (os procedimentos específicos ou "meta procedimentos" que constituem as estratégias), nos quais estão implícitos os conhecimentos declarativos. Ambas concepções são formalmente equivalentes, no sentido de que se pode passar de uma à outra. Mas, permanece ainda o problema da escolha técnica, com respeito a sua colocação em prática. A concepção declarativa soluciona de modo mais simples os problemas de armazenamento e de acessibilidade dos conhecimentos: Por exemplo, é mais econômico armazenar um fato, sem necessidade de expressar aquilo que se vai fazer com ele. Por outro lado, a concepção procedural é mais interessante para regular os problemas de colocação em prática dos conhecimentos.

Considerando-se a utilização de sistemas de produção [NGX82], permite-se, de certa forma encontrar um meio termo, manifestando a relação existente entre os conhecimentos declarativos (condições usadas na parte esquerda das regras) e os conhecimentos procedurais (ações situadas na sua parte direita). Além disso, tais sistemas não são em essência, outra coisa que procedimentos, que procuram colocar de forma manifesta a organização própria dos conhecimentos declarativos.

Para a ergonomia cognitiva esta distinção entre os dois tipos de conhecimentos - entre saber e saber fazer - é uma questão mais fundamental, que deve ser explicada por meio da formalização. Por exemplo, no modelo geral ACT de Anderson (1976, 1983), o

conhecimento de procedural está formalizado por sistemas de produção, de forma paralela ao conhecimento declarativo que é formalizado por uma rede proposicional. A maioria das formalizações de esquemas antes mencionadas, tratam sobre relações entre conhecimentos declarativos e conhecimentos procedurais. O esquema assimilador, ao serviço da compreensão, exige um "conjunto de procedimentos" que permitem tratar os dados que têm particularizado o esquema.

Assim, na opinião de alguns autores (por exemplo, Norman e Rumolhart, 1975), os dois tipos de conhecimentos podem formalizar-se mediante esquemas que apresentam a mesma estrutura.

Sabe-se que num indivíduo, a passagem de um conhecimento para outro não se produz de forma imediata. Recentes pesquisas, realizados por Anderson (1981), sobre aquisição de capacidades cognitivas, procuram criar modelos relativos à construção de conhecimentos procedurais, à partir de conhecimentos declarativos, transmitido através de ensino. Por outro lado, sabe-se que para passar de um procedimento para a sua representação na forma declarativa é um fenómeno que diz respeito aos mecanismos de concientização [PIA74]. Sem chegar a formalizar estes mecanismos de concientização, Vanlehn e Brown (1980) propõem uma diferente formalização dos procedimentos, segundo procura-se manipulá-los ou tratá-los (neste caso, tratamento sobre uma representação declarativa do procedimento). Estes autores, estão interessados num tratamento que transforme um procedimento em outro, usando um mecanismo de analogia (por exemplo, o problema dos maridos ciumentosos e o problema dos missionários e canibais). Para esta classe de tratamento, eles propõem formalizar a "semântica teleológica" (teleológica: doutrina que considera o mundo como um sistema de

relações entre os meios e fins) de um procedimentos, representando as sucessivas etapas de sua concepção (ver fig.-4.8).

Como pode-se observar, na figura anterior, cada etapa é um plano, no sentido proposto por Sacerdoti (1977), onde a representação esquemática da estrutura do procedimento, descompõe-se numa estrutura de objetivos, com suas etapas precedentes, de maneira legal, com a introdução das limitações próprias da situação ou com heurísticas gerais. A representação do procedimento é formalizado, mediante a organização destas etapas, e constitui-se numa rede de planificação (planing net - chamada por seus autores).

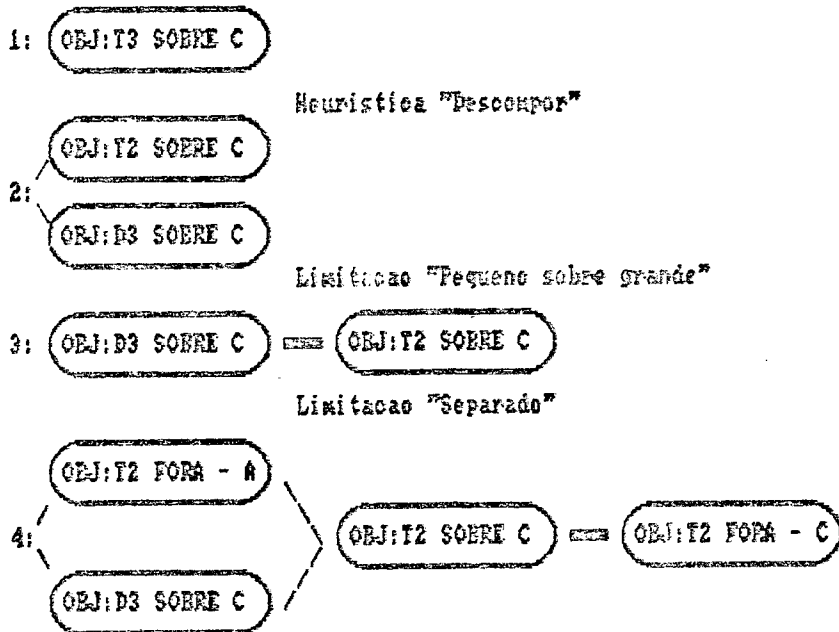
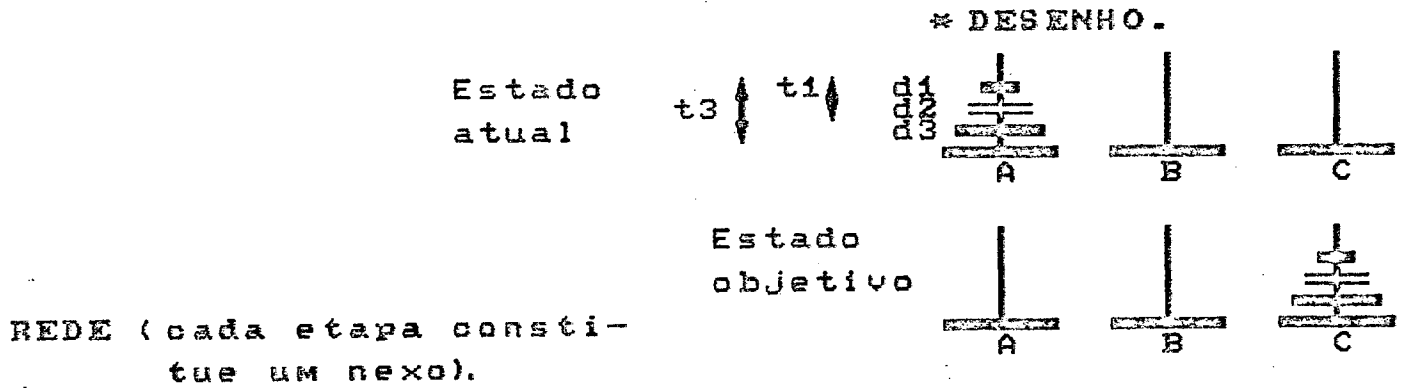
4.5.- Conclusão.

Neste capítulo, foi mostrado como ocorre a tomada de informação com o ser humano, como ela é assimilada pelo sistema de processamento da informação e como esta informação é organizada na forma de esquemas (na concepção da I.A.).

Por outro lado, foi mostrado também, o processo de memorização da informação na M.C.T., seu tratamento e anexação a um esquema na M.L.T., para ser utilizada quando da resolução de problemas.

Enfim, foram apresentadas os conceitos básicos e as diversas teorias, sobre a resolução humana de problemas.

REDE DE PLANIFICACAO PARA O PROBLEMA DAS TORRES DE HANOI, (SEGUNDO VANLEHN E BROWN, 1980)



* LIMITACOES:

- So pode-se deslocar um disco cada vez.
- (SEPARADO): So pode-se pegar um disco se esta sozinho.
- (PEQUENO SOBRE GRANDE): Nao pode colocar um disco grande sobre um pequeno.

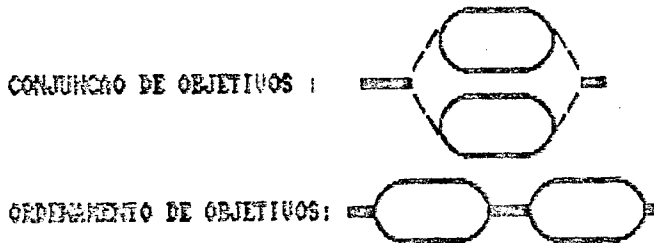


FIG.-4.8

CAPÍTULO V

A MEMÓRIA.

5.1.- Introdução.

Neste capítulo aborda-se o estudo da memória. Aqui, ela deixou de ser considerada apenas, um conjunto de recordações resultantes, simultaneamente, de aquisições anteriores e de certos processos de retenção e esquecimento. Apesar de não ser totalmente falsa, esta concepção mostra-se excessivamente limitada. Hoje procura-se dar uma definição mais ampla, a qual faz da memória o centro de elaboração, decisão e execução de todas as condutas, incluindo as condutas cognitivas superiores (como o de resolver problemas).

Nesta perspectiva, a ergonomia cognitiva procura analisar as estruturas mentais do indivíduo, sua natureza e sua organização. Da mesma forma, procura analisar as propriedades funcionais do sistema que elas originam.

Assim sendo, pode-se estabelecer que o funcionamento e as transformações das estruturas mentais, são mutuamente inseparáveis sendo dependentes, de um lado, das características da tarefa e, de outro lado, das decisões e escolhas do sujeito.

O capítulo apresenta, então, como está organizada a memória, como a informação, após a percepção, é transmitida, dentro do in-

divíduo, até o sistema nervoso central e quais mecanismos participam deste processo. Enfim, são apresentadas as diferentes arquiteturas cognitivas, que procuram explicar o mecanismo da memorização.

5.2.- A representação neuronal das memórias.

É evidente que o registro, armazenamento e evocação de memórias depende de alterações em nível neuronal. Na maioria dos casos, não sabemos que alterações são essas, nem quais são os circuitos envolvidos. De fato, os circuitos ou vias envolvidas, foram determinadas em detalhe só em alguns casos específicos de memórias relativamente simples, e não há nenhuma evidência de que os mecanismos e os circuitos envolvidos, em qualquer uma dessas memórias sirvam também para outras. Pelo contrario, a lógica e a maior parte das evidências indicam que há uma grande variedade de circuitos e de mecanismos (em sua imensa maioria, armazenados no córtex cerebral), para aquisição, processamento e evocação dos diversos tipos de memórias.

O ponto de partida das modernas pesquisas sobre as bases neurofisiológicas da memória foi, possivelmente, a postulação de Hebb (1949) [IZQ88] de que, "a atividade de um neurônio determinado, poderia (ou deveria causar) alterações da atividade de outros neurônios a ele vinculados, seja através de conexões sinápticas ou de simples vizinhança". A partir desta postulação iniciou-se a procura de algum ponto ou região do sistema nervoso onde houvesse convergência sensorial, que propiciasse a ocorrência de interações entre neurônios (atividades-dependentes) e que permitisse explicar os processos de formação inicial de memórias.

Esta postulação, permitiu precisar que a unidade básica de funcionamento do cérebro é a célula chamada "neurônio" e do controle do sistema nervoso, a sinapse, onde os sinais passam das fibrilas terminais de um neurônio para a célula neuronal seguinte. Todas as sinapses são neuroquímicas e, estas substâncias, podem ser inclusive alteradas e bloqueadas.

O neurônio funciona como uma espécie de integrador das influências vindas das conexões. Cada conexão pode produzir uma variação de potencial elétrico positiva ou negativa, uma espécie de soma das voltagens. Cada neurônio tem uma voltagem dita **Linear**. Se a soma de todas as voltagens positivas ou negativas em suas conexões exceder esta voltagem linear, então ele dispara um potencial de ação (de excitação ou de inibição) que é uma alteração elétrica e iônica da membrana celular que, esta sim, é digital, do tipo ligado ou desligado.

Esta variação de potencial de ação, é propagada e se desloca ao longo do prolongamento do neurônio que é chamado axônio. O axônio é, então, um cabo que transmite aquele disparo ou atividade de zero/um do neurônio para um outro neurônio. O cérebro é formado de bilhões de neurônios interconectados dessa maneira. Já se estimou que o número de conexões existentes no cérebro é de ordem de 10 elevado à 24, o que dá uma dimensão da capacidade do cérebro humano.

Sendo assim, "o neurônio funciona da mesma forma, como concebido num computador analógico e o processo de transmissão, da mesma forma é como um computador digital. Todavia, a transmissão da informação no cérebro humano não é organizada em bytes ou seqüências de bits como num computador. Corresponde, mais ou menos, a técnicas de transmissão como, por exemplo, modulação de fase ou

frequência" [GRA83].

Um neurônio, em geral, só é excitado pela descarga simultânea de grande número de sinapses, isto é, os sinais vindo de muitas sinapses devem-se somar, antes que um potencial de ação seja produzido no neurônio estimulado. Se este neurônio está sendo, também inibido por sinapses inibitórias, serão necessários sinais excitatórios em maior número para produzir reação.

Uma analogia do funcionamento do computador com o cérebro; é que o computador é um dispositivo estritamente de funcionamento eletro-eletrônico, de circuitos. Já o cérebro humano, embora muitos afirmem que funciona com a mesma base, é um computador químico. Nos neurônio, as atividades elétricas são apenas um subproduto de seu funcionamento. O que existe são alterações de permeabilidade, de ions de membranas que causam então inversões de potencial.

Normalmente, a membrana que envolve a célula neuronal é polarizada: Positiva por fora e negativa por dentro. Todas as alterações, que ocorrem durante a transmissão e armazenamento de informações do cérebro humano, são alterações de ions, não se caracterizando, portanto, como uma alteração fundamentalmente elétrica.

Dentro do cérebro humano, existe uma rede de bilhões de neurônios com distâncias muito curtas entre eles, sendo que uma mesma informação é mandada num leque (abano) paralelo a milhares e milhares de neurônios. Vem daí a aparente rapidez do cérebro.

Uma característica do cérebro é sua alta redundância, ou seja, tem milhões de "computadores" em paralelo. Cada uma das funções pode ser replicada, isto é, quando se tira uma parte do cérebro, as funções que eram de sua responsabilidade poderão ser

tomadas por outras partes do cérebro: funcionando como um computador com circuito redundante.

5.3.- O módulo das memórias.

Um ponto importante a declarar é que a memória não é exatamente um armazém de fatos; ela contém um conjunto de fatos que nós conhecemos como informação. Uma maneira de conceitualizar a memória é pensar como um "conjunto de sistemas registrando, armazenando (se produz num sistema neuronal) e recuperando representações internas de eventos ou fatos".

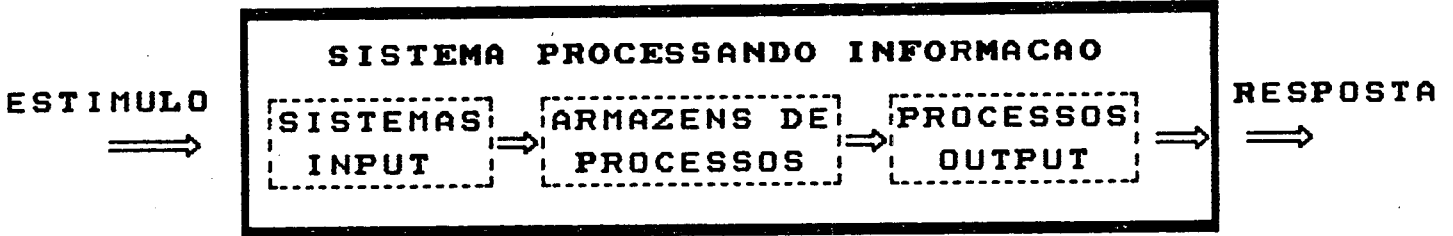
Algumas memórias perduram por apenas alguns minutos e são memórias de-curto-termo (M.C.T.). Provavelmente, é o resultado da ativação neuronal contínua, o que faz que a memória de processamento permaneça viva, somente por algum tempo. Entretanto, se um pensamento é forte, este ficará guardado em certas áreas, sob a forma de memória de-longo-termo (M.L.T.). Isso resulta de alguma alteração, física ou química, das sinapses, que modificam sua capacidade futura de transmitir sinais. Isto é, aquelas sinapses que foram excitadas por um pensamento específico, desenvolvem facilidade permanente ou semi permanente, que permite o reaparecimento deste mesmo pensamento em outra ocasião futura, desde que ocorra a estimulação adequada.

A noção de uma dicotomia entre a M.C.T. e a M.L.T. têm levado psicologistas a desenvolver um modelo de multi armazenamento da memória, chamada dessa forma porque se postula diferentes armazenamentos dentro da memória. Uma versão simplificada por Atkinson e Shrifin (1968) é mostrada na fig.-5.1, (também incluem-se os modelos até hoje desenvolvidos). Vamos usar este modelo como uma estrutura para introduzir trabalho nos vários estágios da

MODELOS COGNITIVOS

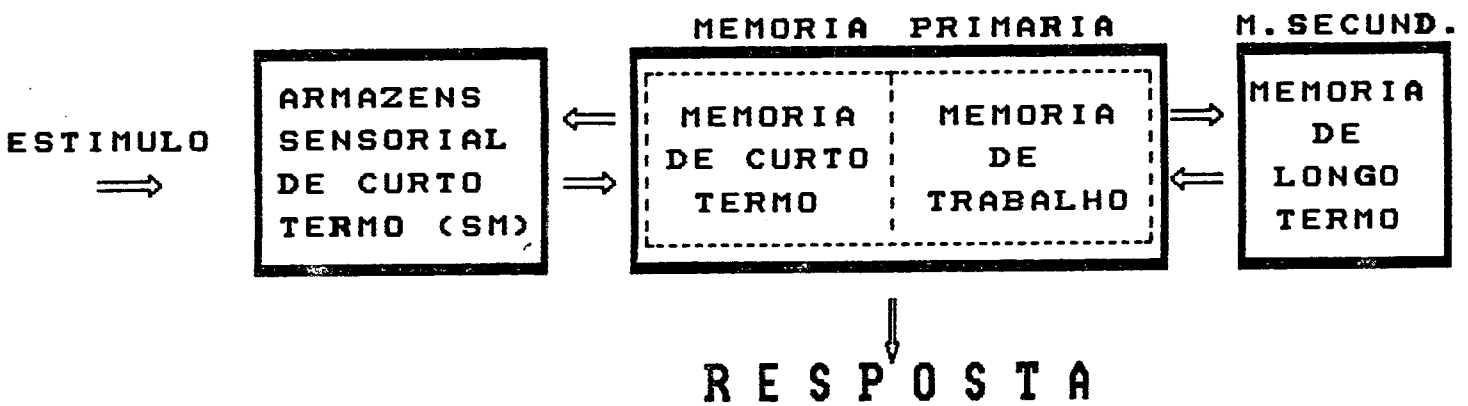
1950

MODELO PROCESSANDO INFORMACAO (COMPUTADOR ANALOGICO)



1968

MODELO MULTI ARMAZENS



PRESENTE

MODELO COMPOSTO

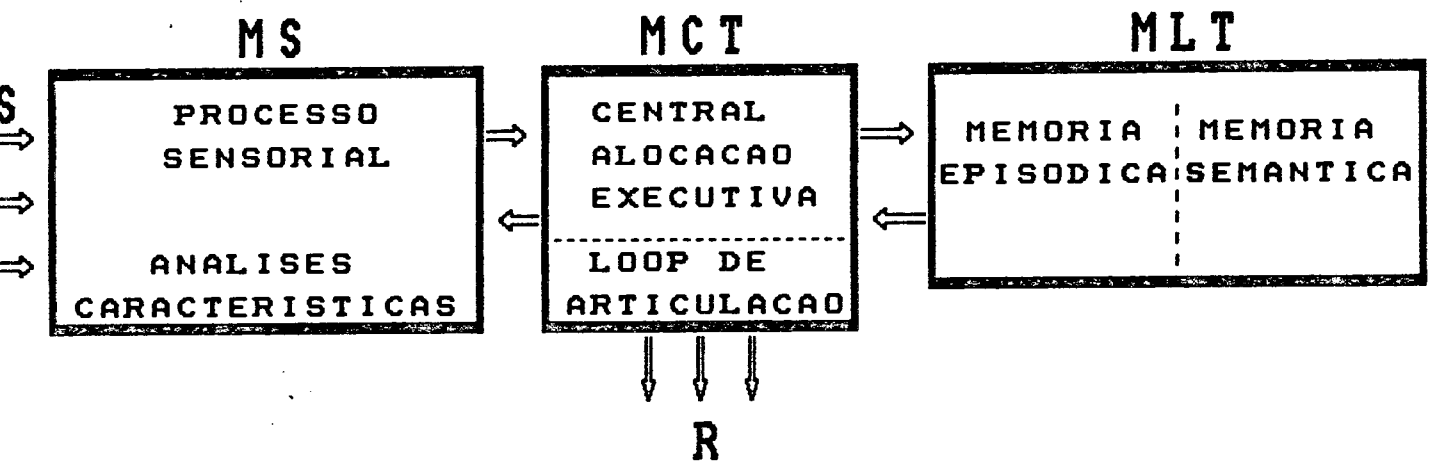


FIG.-5.1

memória.

A memória sensorial (M.S.) (ou buffer sensorial) simplesmente conserva a entrada sensorial da informação bruta durante o tempo suficiente para que esta seja "lida" ou reconhecida. Este armazém é de grande capacidade e, teoricamente retém toda a informação apresentada aos receptores sensoriais. A brevíssima duração desse primeiro registro corresponde a menos de um segundo para sensações visuais e a alguns segundos para as auditivas. A memória sensorial é pré-categórica; isto é, a informação entrante, ainda não reconhecida ou emparelhada com uma categoria apropriada, é retida de modo fugaz, sob forma não analisada quanto ao seu significado.

A despeito da rápida queda da informação na M.S. uma parte da informação registrada é selecionada ou filtrada para processamento subsequente, deslocando-se para diante, graças a um processo de reconhecimento de padrão. Este processo faz com que identifiquemos características físicas de um padrão sensorial (como localização, forma, tamanho, brilho, cor, etc.) e provalmente consiste numa espécie de teste quanto à presença ou ausência de aspectos sensoriais elementares.

Alguns autores (V. Loftus e Loftus, 1976; Klatzky, 1980) [PFR87] referem-se a um sistema de reconhecimento, intercalado entre o registro sensorial inicial e a memória a-curto-termo, que analisa a informação entrante, compara-a com padrões disponíveis na memória a-longo-termo e decide sobre qual desses padrões mais se assemelha à nova informação.

Nos casos em que é prestada atenção ao armazém sensorial de curta duração, é provável que alguma informação seja transferida para a memória de curta duração. Esta memória (consciente) pode

reter um número reduzido de fatos durante uns quinze segundos, a não ser que esses fatos sejam desalojados por outros fatos recém-chegados. A capacidade desta memória é muito menor do que o buffer sensorial.

A memória de trabalho é, por vezes, considerada como sendo um acessório da memória de curta duração, e como tendo, uma capacidade limitada e uma possibilidade intermediária de armazenamento. Nesta memória, os potenciais de ação provocados eletricamente no cérebro, continuam a circular no cérebro, em circuitos muito complexos, de uma forma de revezamento (alternada), como se fosse um processo circular. Se nesta fase se aplica algum distúrbio, tal como um electrochoque transcraniano, que é usado em terapia psiquiátrica, todos os circuitos que estavam em atividade elétrica de reverberação são interrompidos e se perde a memória de curto termo; ou seja, todos os eventos que tinham acontecido pouco tempo antes desaparecem completamente. A razão disto é que estas informações estavam em estágio elétrico puro - ainda não tinham sido consolidadas na segunda fase da memória, que é chamada "memória de longo termo". Pessoas podem lembrar até cinco ou sete palavras ou dígitos ou traços (pedaços de informação) exatamente, para manter informações em M.C.T. que tendem a desaparecer, seja por efeito do tempo, seja pela chegada de novas informações, o sujeito efetua repetições implícitas, ele repete mentalmente certos estímulos que lhe foram apresentados e provoca assim uma reativação dos pedaços ou traços correspondientes [PFR87; GRA83].

Deste modo, na memória de curto termo é onde passamos a ter efetivamente controle consciente sobre o processamento da informação.

Peterson e Peterson (1959) [PFR87] interpretaram seus resultados como evidente, que pedaços de informação na **M.C.T.** é esquecida dentro de um período de seis a dezoito segundo. Uma explicação das causas de esquecimento é que itens adquiridos são confundidos com outros. Isto é chamada a teoria de interferência de esquecimento por que os itens na memória começa "interferindo" com a memória de outros itens.

A memória a-longo-termo, é de natureza bioquímica, envolvendo a modificação permanente de conexões entre neurônios. Funciona como se fosse um circuito não formado mas que no momento em que existe um evento para ser lembrado, começa a reverberar eletricamente, rememorando, de uma forma simbólica o evento. Passado um determinado tempo destas reverberações, existe uma modificação permanente nas conexões entre os neurônios que são chamadas sinapses e então, o evento fica solidificado na segunda fase da memória.

Tulving (1972) introduziu a distinção entre dois tipos de **M.L.T.**, a memória episódica (armazena experiências ou fatos pessoais) e a memória semântica (contém conhecimentos em geral). Pesquisas demonstram que a **M.L.T.** contém todas as memórias armazenadas nela.

Esta memória é concebida como um repositório de conhecimento e habilidades relativamente permanentes, cuja capacidade é praticamente ilimitada. Os conceitos e eventos nela registrados estão associados ao contexto de outros conceitos e a eventos relacionados, fazendo parte, ao que tudo indica, de uma imensa e intrincada rede semântica de informações.

Assim, Frederiksem (1984) resume os pontos essenciais a respeito desta memória: "a informação é armazenada sob a forma de

nós, inter-realacionados de modo complexo em virtude do aprendizagem. Um nó representa um item de informação, ou um conglomerado ou pedaço de itens que se relacionam entre si. Se qualquer um dos elementos desse conglomerado é ativado todos os demais são ativados. Alguns nós contém conhecimento sensorial perceptivo; outros armazenam informação semântica ou proposicional, que inclui conhecimentos de fatos, significados de palavras etc. Outros ainda armazenam informações sobre procedimentos, ligadas a habilidades motoras ou cognitivas apreendidas. A informação pode estar altamente organizada em redes conceituais, nas quais os nós representam conceitos, e as linhas que ligam esses nós correspondem a associações significativas entre conceitos. A memória de longo termo contém milhares dessas redes, cada uma com conexões que a relacionam com outras redes. Graças a essa interconexões é possível derivar informações distintas daquelas que foram explicitamente armazenadas" [PFR87].

As redes semânticas de conceitos e proposições interligadas na M.L.T., juntamente com o conjunto de estratégias e procedimentos nela armazenados, ajudam-nos a entender como vários tipos de informação podem ser representados na M.L.T.. A base semântica de informações subjacente à memória humana é uma coleção organizada de caminhos, especificando possíveis deslocamentos ao longo dessa base. Todas as informações nesse sistema de memória encontram-se interconectadas; recuperam informações aí contidas, assemelhado-se ao ato de percorrer um labirinto, com idas e vindas nos caminhos que se cruzam [PFR87].

Informações (ou parte das informações) não selecionadas nem codificadas, e tampouco transferidas de uma estrutura da memória para outra, são perdidas. As estruturas da memória dispõem de re-

cursos protetores, com os quais evitam que sejam abarrotadas de informações em excesso ou irrelevantes. A atenção e o feedback fazem parte desses recursos. a atenção possibilita a seleção e a rejeição de informações ao sujeito. O feedback, tanto a) Da M.L.T. para a M.C.T. como b) Da M.L.T. para os processos de atenção, auxilia a seleção de informação e a identificação do que vale a pena repetir na memória a curto termo, para incorporação na M.L.T. [PFR87].

5.4.- A memória como processo: Níveis de processamento.

A despeito da inegável utilidade prática do modelo estrutural de memória descrito anteriormente, a partir da década de 70 pesquisadores passaram a advogar uma outra maneira de conceber a memória, mais adequada, a seu ver, para análise e a solução de problemas que não encontraram respostas satisfatórias a partir do modelo de estrutura linear dos três armazens de memória. Este segundo ponto de vista, não se refere a estruturas ou estágios explícitos, mas a uma progressão de níveis de processamento, que começa com a análise sensorial e prossegue em direção a processos mais profundos e centrais. Trata-se de um processamento contínuo, desde a extração inicial dos aspectos sensoriais da informação, até a extração de seu significado. Além disso, a informação, de acordo com este ponto de vista, passa por sucessivas transformações de códigos. Diferentes aspectos da informação vão se tornando disponíveis à medida que o processamento avança em profundidade. Cada nível de processamento deixa atrás de si um traço de memória ou código, que representa a informação produzida pela análise da informação a esse nível [PFR87].

Assim, a análise sensorial do estímulo produz, desta forma, códigos "superficiais" ou de nível inferior, enquanto o processamento seguinte é mais profundo, gerando códigos "profundos" ou de nível superior, entre os quais se encontram as representações semânticas e as relações associativas na estrutura de conhecimento do indivíduo.

De acordo com Craik e Lockhart (1972), que propuseram pela primeira vez a noção de níveis de processamento da memória, a sequência aqui referida compõe um contínuo, no qual o processamento cada vez mais profundo produz informação crescentemente significativa (Winglied e Byrnes, 1981). Pesquisas posteriores, como a de Craik e Tulving (1975) darão consistência a esta concepção. Por outro lado, constatou-se que a natureza da tarefa, o tempo disponível e as limitações e restrições impostas pelo material que serve de estímulo influenciam o nível de processamento, tornando-o mais superficial ou mais profundo. [PYR87].

5.5.- A inteligência, a memória e o artifício.

Analizar as contribuições da I.A. à ergonomia cognitiva não resulta um fato tão evidente. Primeiramente, temos que definir inteligência (1) e, ao mesmo tempo, definir com precisão que entendemos por artifício (recurso enganoso). Com a finalidade de reduzir as dificuldades, formularemos as seguintes observações:

* é quase impossível descrever uma atividade humana complexa que não ponha em prática algum tipo de função mnemônica, de codi-

(1) Inteligência deriva originalmente do latim legere, que significa colher, coletar, montar. Intellegere é o mesmo que escolher entre; portanto entender, perceber e conhecer.. "capacidade de resolver problemas".

ficação, de conservação ou de recuperação da informação. Olhando-se desta maneira, pode-se considerar que a memória, tal como o conhecimento, é quase impossível de explicar suas atividades cognitivas, ou simulá-las sem ter presente uma teoria clara da memória.

* Se consideramos que todo sistema organizado constitui um artifício, como sugere Simon (1974), o descrito neste assunto perde seu sentido. Assim, se não existe nenhuma diferença fundamental entre os sistemas naturais e os sistemas artificiais, não seria necessário nem útil perguntar-se pelas contruições da I.A. à ergonomia. Estariamos ante uma ciência, a "ciência do artificial".

5.5.1.- A informática e a memória humana.

A contribuição mais importante da I.A. à ergonomia cognitiva é de natureza conceitual. Trabalhos realizados no campo da I.A. têm contribuído amplamente ao desenvolvimento de uma nova forma de síntese entre as funções psicológicas tradicionais. De fato, a memória não pode ser estudada como uma função psicológica separada e autônoma. Isto é, seu funcionamento não fica isolado de outros processos de natureza perceptiva ou inferencial, dentro de uma arquitetura hierarquizada e dirigida a certos objetivos definidos. A memória não é mais que um estado, dentro de um sistema de tratamento contínuo da informação. Assim, onde a psicologia Behaviorista e Neo-Behaviorista só viam estímulos e respostas, vários psicólogos, impressionados pelo desenvolvimento da informática, só vêem informação e tratamento da informação [HEI80]. Em consequência a psicologia da memória é atualmente uma psicologia da informação.

Por isso, se nós pudermos imaginar um artefato que tenha a capacidade de coletar, juntar, escolher, entender e conhecer, então teremos uma I.A.. Assim, conhecimento, por sua vez, não é o mesmo que informação. Conhecimento é informação que foi comparada, adaptada, interpretada, selecionada e transformada. Então, graças ao surgimento de um novo profissional: o engenheiro de conhecimento, estamos numa nova etapa da informática. É a transição do processamento da informação para o processamento do conhecimento. Esta etapa da informática vai-se diferenciar da primeira, porque nesta o computador vai produzir conhecimento, enquanto na outra ele produzia informação.

5.5.2.- A arquitetura informática e a arquitetura da memória.

Os sistemas artificiais de tratamento de informação simbólica possuem duas propriedades singulares, que têm influenciado nas construções teóricas dos psicólogos cognitivistas. Com efeito, as operações que levam a cabo tais sistemas têm como características fundamentais, ser "modulares" e "sequenciais".

Assim, a memória é idealizada, como um conjunto de subsistemas autônomos, que possuem suas próprias leis de funcionamento e que só atuam sobre outros sub-sistemas que resultem cognitivamente "penetráveis", isto é, influenciados pelos objetivos, as intenções e as crenças do indivíduo [PYL80, MIL81]. O protótipo mais conhecido desta classe de modelos é o sistema geral de memória humana de Atkinson e Shiffrin (1968). Sua construção imita a arquitetura dos grandes sistemas informáticos atuais: os sentidos comparam-se ao funcionamento dos órgãos periféricos de entrada de informação que possuem os computadores a memória de curto termo à

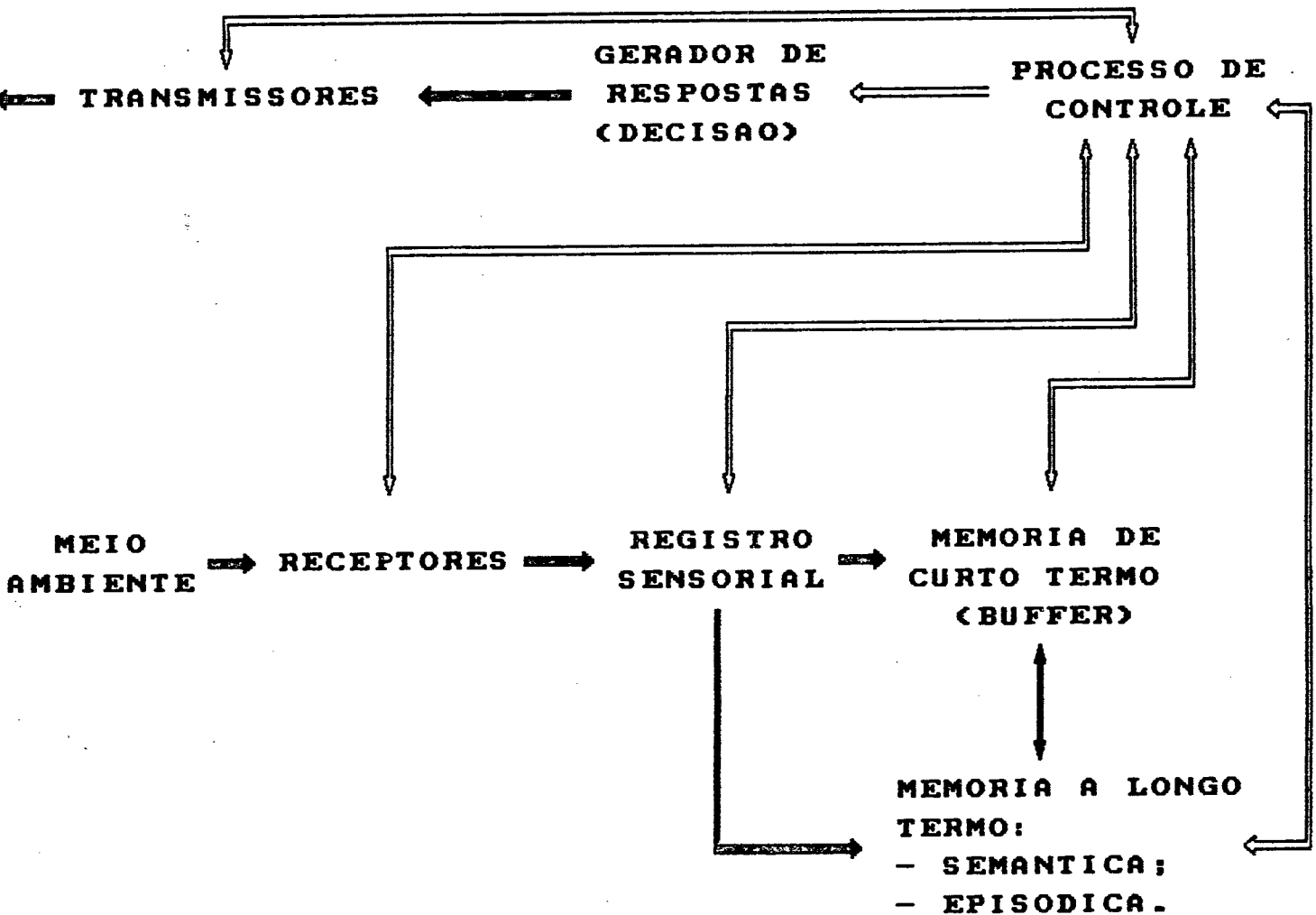
memória "intermediária" dos sistemas informáticos e a memória de longo termo à unidade de armazenamento permanente do computador (ver fig.-5.2 e fig.-5.3). O carácter linear deste modelo é tão claro que seus autores experimentaram a necessidade de aumentar sua interação, colocando um processo de controle, capaz de atuar, a todo momento e simultaneamente, sobre o conjunto dos processos de tratamento da informação. A partir desta concepção têm-se construído uma grande quantidade de modelos de memória (ver fig.-5.4).

Estes modelos permitiram chegar rapidamente ao conceito de memória operativa, num estudo mais aprofundado das estratégias de codificação e dos procedimentos de recuperação. Estas sugestões têm levado a minimizar as possibilidades de tratamento da informação em "paralelo", que caracterizam a memória humana em comparação com as memórias artificiais. Este problema encontra-se nos projetos da I.A., e os computadores da "quinta geração" já contam com várias unidades centrais que funcionam em paralelo. A realização de um programa deste tipo é condição essencial, mais não suficiente, para a simulação artificial de certas atividades psicológicas complexas que já foram postas em evidência de forma experimental.

5.5.3.- A representação informática e a representação da memória.

A difusão dos conceitos informáticos, que se têm mencionado, dá uma idéia à noção global de memória humana, sua arquitetura, sua concepção específica da natureza e da organização das informações na memória. O desenvolvimento dos sistemas artificiais de consulta de dados e de solução de problemas, exerce uma influên-

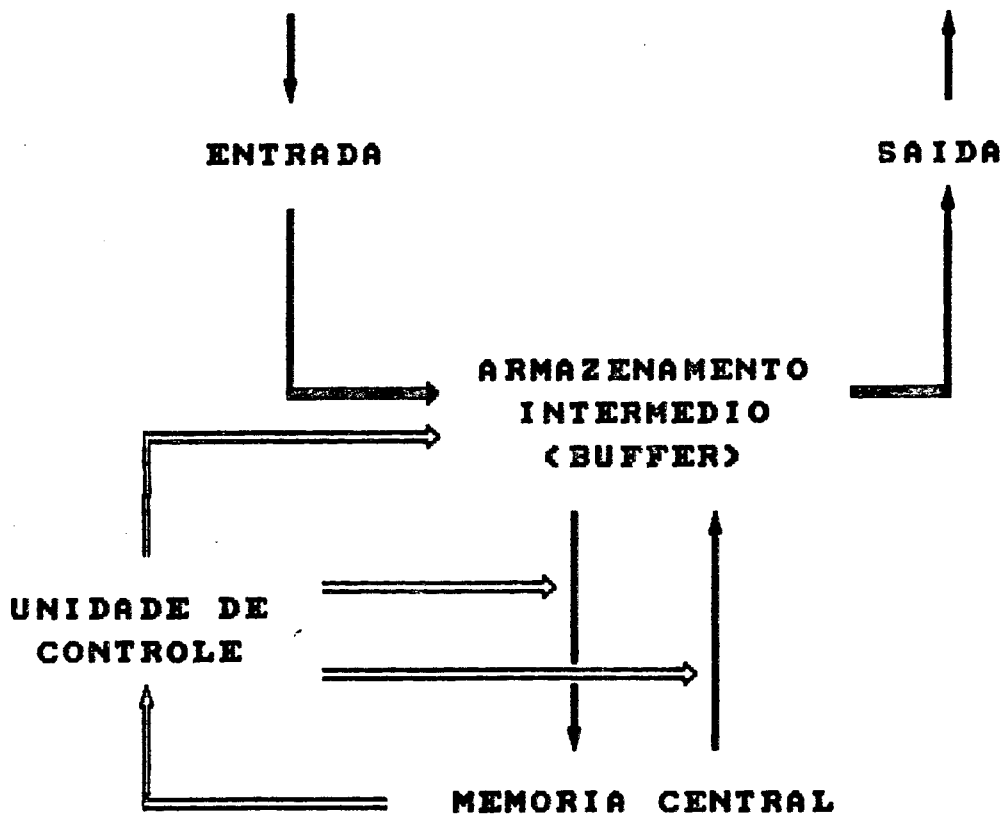
ORGANIZACAO HIPOTETICA DA MEMORIA HUMANA



==>Um aspecto estrutural e funcional da metáfora informática. (adaptacao de APTER e WESTBY, 1973; ATKINSON e SHIFFRIN, 1968).

FIG.-5.2

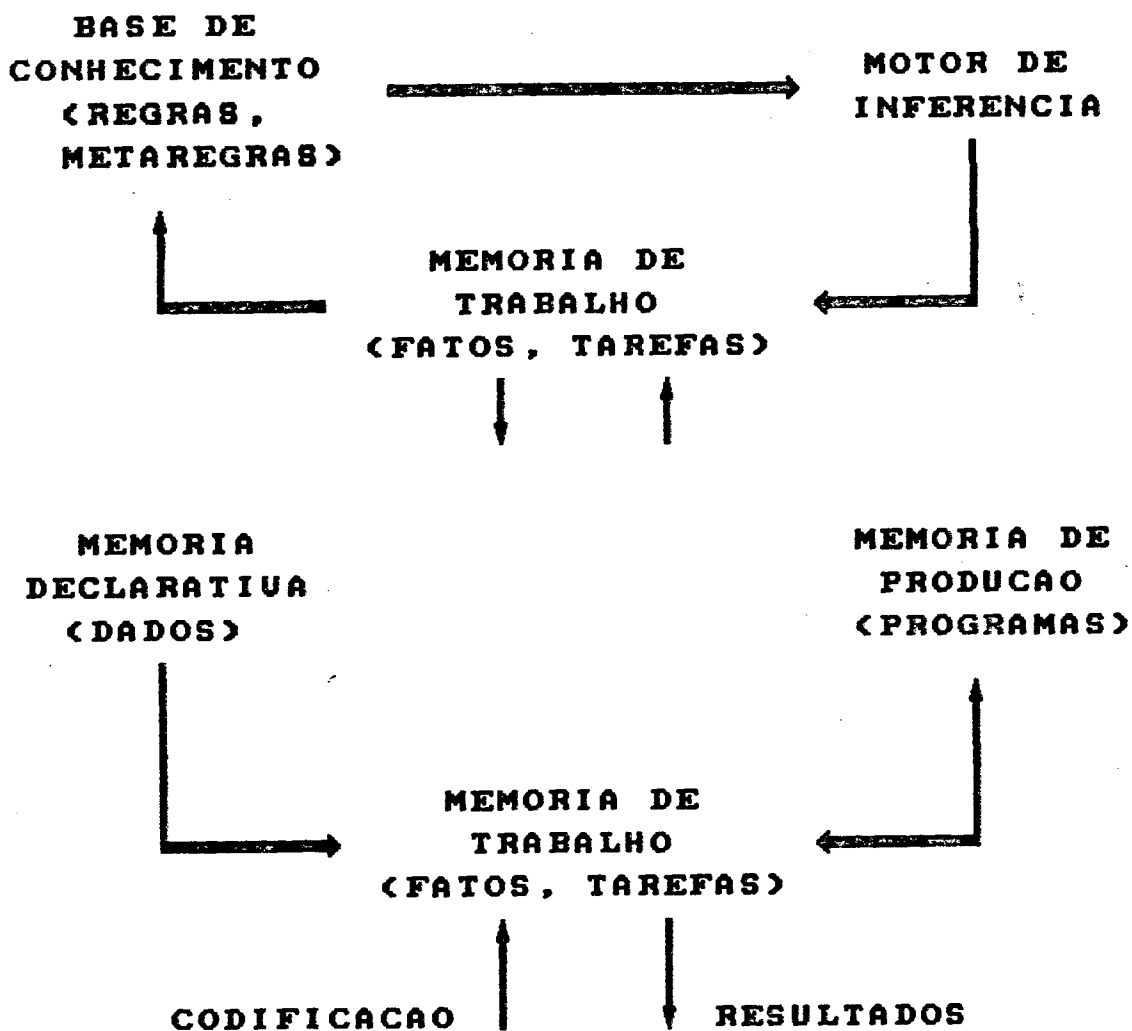
ORGANIZACAO ESQUEMATICA DE UM COMPUTADOR



==>Um aspecto estrutural e funcional da metáfora informacional. (adaptação de APTER e WESTBY, 1973; ATKINSON e SHIFFRIN, 1968).

FIG.-5.3

ASPECTOS ESTRUTURAIS E FUNCIONAIS DA METAFORA INFORMATICA



ACIMA: A organizacao esquematica de um sistema especialista. EM BAIXO: A organizacao esquematica teoria ativista sobre o controle adaptativo do pensamento (adaptacao de Lauriere, 1984; Anderson, 1983).

FIG.-5.4

cia sobre as teorias psicológicas da representação e da organização das informações nas memórias elementares. Podemos afirmar que a influência da I.A. à psicologia cognitiva não tem sido uniforme e sistemática. Na solução de determinados problemas psicológicos - por exemplo, as diferenças observadas entre a lembrança o reconhecimento - a I.A. pouco tem contribuído [SCH82].

Não obstante, a necessidade de armazenar uma quantidade cada vez maior de informações, recuperando-as rapidamente com o máximo de pertinência em relação com aos problemas a serem resolvidos, como as limitações linguísticas do sistema homem-máquina, levaram os analistas e os engenheiros de sistemas a levantar questões sobre a escolha das unidades elementares de informação e sobre as propriedades estruturais de sua organização.

Um dos modelos mais influentes da memória humana, foi elaborado por Anderson (1976, 1983) e por Anderson e Bower (1973), e encontra-se determinado pelas possibilidades e as limitações da linguagem de programação LISP (trabalha com estrutura de listas). As informações perceptivas superficiais podem ser reescritas usando-se uma linguagem procedural, que opera sobre variáveis descomponíveis, conectadas por relações e associações etiquetadas. Do ponto de vista formal, não existe diferença entre a análise de Kintsch (1974) e de Kintsch e Van Dijk (1978), que traduz as representações da memória por meio de uma lista estruturada de proposições, composta de predicados (relações) e de argumentos, e as redes semânticas de Anderson, caracterizadas por conceitos elementares inter-conectados com associações etiquetadas (mesmo que a lista permita formalizar melhor o conceito de protótipo e as redes semânticas integrem com mais facilidade a noção de associação contextual).

é evidente que a informática não tem introduzido na psicologia os conceitos de associação e de organização. Mas, tem influenciado e penetrado nos conceitos de ordem, estrutura e hierarquia, aplicando-os de maneira sistemática às representações mnemônicas modulares [VAI84].

5.5.4.- A psicologia e as tecnologias da memória.

O avanço tecnológico é cada vez maior no campo dos sistemas artificiais de consulta da base de dados, dos sistemas especialistas e dos sistemas de diálogo homem-máquina. Mas, nem os psicólogos e os analistas e engenheiros de sistemas dispõem atualmente de uma teoria geral, completa sobre a representação das informações na memória.

Um problema latente, são as formalizações da I.A. que entram em contradição para explicar o carácter dinâmico e a plasticidade da memória humana.

A I.A. também tropeça com numerosas dificuldades em aspectos categoriais e inferenciais, que caracterizam a memória humana. Os mecanismos de inferência e de categorização, no caso do ser humano, estão baseados no seu conhecimento do mundo, suas crenças e suas intenções. A característica fundamental da memória humana é sua capacidade de esquematizar. Os analistas de sistemas e os psicólogos especialistas em I.A., re-descubriram esta característica ao reconhecer a importância dos protótipos e os marcos de referência (frames ou os argumentos básicos de recuperação de informação mnemônica, a compreensão do raciocínio e aquisição de novos conhecimentos). [MIN75, SCH82, WIN78].

Winograd (1982), declarou que "o que distingue a memória natural da memória artificial, talvez seja porque ela trabalha

sobre significados "abertos" e que torna praticamente impossível criar um modelo geral, que englobe o conjunto dos contextos e dos objetivos possíveis.

As memórias artificiais são essencialmente memórias de conhecimento, enquanto que a memória humana integra, simultaneamente, conhecimentos e lembranças pessoais. Estas representações singulares são inseparáveis das condições espaços-temporais específicas em que aparecem, que com certeza não são frutos do azar, mas que, por outro lado, são de difícil simulação artificial. Esta distinção entre memória semântica e memória episódica só poderá ser realidade se os conhecimentos e as lembranças pessoais possam ser representados numa única formalização. Esta formalização teórica é objeto de numerosas controvérsias, mas esta oposição entre ambas memórias é um problema que a psicologia ainda não pode descobrir [TIB84].

Assim, de forma breve é mostrado como a tecnologia da informática atual, tem influenciado sobre a "tecnologia da memória". A I.A. tem modificado a forma de conceber a estrutura e as regras de funcionamento da memória humana. Todos os computadores, da atual geração, possuem a mesma arquitetura virtual baseada numa organização sequencial, um código binário, programas com estruturas de listas e uma memória de acesso aleatório (RAM). A arquitetura virtual da memória humana, tal como a definem a maioria das teorias psicológicas atuais, não é, fundamentalmente, diferente: organização sequencial dos sub-processos, unidades mnemônicas elementares, estrutura de listas das representações mnemônicas, memória de acesso aleatório que pode ser um processo de busca "espacial".

Tudo isto nos leva a afirmar que, uma memória artificial consiste de uma memória cujas funções de codificação e de recuperação estão subordinadas à realização de certos objetivos (compreensão e solução de problemas) sobre o controle permanente de um sistema de inferência e de um sistema de decisão. O funcionamento desta memória artificial "inteligente" implica numa estrutura de representação, cuja natureza será suficientemente abstrata para permitir, ao mesmo tempo, um acesso rápido e preciso e uma integração permanente dos novos dados. Como é óbvio, isto significa que uma memória artificial tem que ser uma memória que apreende. Sistemas especialistas como Mycin, Dentrail e outros cumprem de certa forma com este requisito. Neste sentido, podemos afirmar que já existem memórias artificiais "inteligentes", isto é, sistemas artificiais de tratamento da informação com capacidade de usar funções mnemônicas, para resolver problemas complexos, com uma eficácia próxima da inteligência humana.

5.6.- A lembrança e a representação na memória.

5.6.1.- O formato da informação na memória.

Desde o início século XX, Wundt propôs que a frase fosse objeto de estudo privilegiado dentro das investigações para compreender os mecanismos da memória. Além disso, o modelo de Chomskiano deu uma interessante contribuição à inteligência artificial e à psicologia da linguagem.

==> A representação da frase numa estrutura de árvore.

Os trabalhos realizados no segundo período da psico-linguística são atribuídos à revolução Chomskiana (1960-1974), que não é

outra coisa senão um modelo formal hipotético, capaz de explicar os fatos observados e de predizer outros novos. Este modelo (generativo) constitui uma formalização daquilo que o sujeito é capaz de produzir, compreender e memorizar.

De fato, apresenta-se o uso de certos conceitos informáticos, tanto nos objetivos como na maneira em que o modelo representa a unidade de linguagem que é a frase. Análises imediatas, propostas pelo modelo generativo, nos diz as relações hierárquicas existentes entre cada uma de suas unidades, e também as relações entre os elementos constituintes que são representados na forma de árvore.

Um número grande de trabalhos comprovam a hipótese, de que a frase é a menor unidade linguística. Todavia, alguns autores afirmam suas carências no caso da memória, em relação com a compreensão e a produção, sendo que o mais importante é seu acentuado formalismo, que pode ser levado ao computador.

O êxito alcançado por este modelo, deve-se ao fato de que ele permite gerar unicamente frases gramaticais, a partir de um número finito de regras de produção.

==> As redes semânticas.

Aqui vamos examinar alguns trabalhos que, baseados em modelos informáticos, propõem modelos semânticos da memória humana.

Os modelos de Redes, desenvolvidos por Collins e Quillian (1972a, 1972b), consideram à memória como uma rede semântica na forma de nexos (nexos-tipo: função específica; nexos-circunstância: função genérica) ligados entre eles por diferentes vínculos associativos. O tratamento da rede consiste em estabelecer a dis-

tância, isto é, o número de etapas que permitem que o indivíduo passe donexo-tipo até onexo-circunstância.

Os modelos de conjunto, surgiram das críticas formuladas por Meyer (1970, 1973) sobre a organização hierárquica dos conceitos nos modelos de redes. Eles têm um princípio simples: para cada conceito que é armazenado, corresponde a um conjunto de representações de todos os elementos. O fator determinante na recuperação de uma informação é a extensão desse conjunto (o número de traços). A diferença com o modelo anterior, é que a distância semântica está em função inversa ao número de elementos compartilhados por dois conceitos.

O modelo de Anderson e Bower (1973), é um modelo de quatro níveis: No primeiro nível estão os receptores sensoriais visuais ou auditivos, que registram as informações que vêm do mundo exterior. No segundo nível, estas informações são armazenadas na forma de traços gerais, na memória intermediária (buffer). No terceiro nível, analisadores linguísticos, ou perceptivos, tratam o conteúdo deste armazenamento intermediário e o transformam numa representação de arborescente. Finalmente, no quarto nível, estas representações arborescentes são enviadas à memória.

O modelo de semântica léxica (dicionário, vocabulário), elaborado por Kintsch (1974), propõe que o significado da palavra é representado na forma de lista de proposições. Estas proposições (como os nexos no modelo de Collins e Colaboradores) estão organizados e ligados entre eles, mediante relações de conjunção e disjunção. Toda proposição está constituída por um predicado, no

qual agrega-se um conjunto de argumentos, mediante relações surgidas da gramática de casos de Fillmore (1968).

Deste modo, este modelo afirma que a memória está formada por um conjunto de estruturas na forma de árvore cuja unidade básica de representação é a proposição.

Os modelos componenciais, postulam que em todo enunciado existem significados que possuem uma função de predicado ou uma função de suporte de predicados: os raciocínios. Embora, predicados e raciocínios não sejam semelhantes às categorias léxicais, designam na prática determinadas funções dentro de um enunciado.

Na realidade, estes modelos não são muito diferentes. De fato, uns procuram evidenciar que a memória assemelha-se a uma soma de traços (léxicos, proposições - raízes de palavras) e outros, propõem uma organização hierárquica destes traços. Portanto, estes modelos consideram que a memória humana é um sistema formado por unidades simples e que está organizado de maneira sequencial.

==> A unidade de armazenamento.

Especialistas em semântica, apresentam em suas teorias, unidades inferiores à frase e assim constroem modelos de memória usando tais unidades. Porém, usar estas unidades nos leva a fazer duas observações:

(1). A busca de unidades, cada vez mais simples, é influenciada pela concepção binária da teoria da informação que usa a informática. Mas, também não estamos em condições de afirmar que a informação psicológica tenha a mesma natureza que a informação do computador;

(2) Os modelos semânticos que usam estas unidades são de concepção estrutural. Interpretamos por semântica as relações de distribuição entre sinais de mesma ordem e suas relações de hierarquia entre sinais de classe distinta. Embora, o sentido declarado ao termo "semântica", está dentro de uma dimensão estritamente relacional: o sentido de um objeto (uma palavra, uma frase) é aquilo ao qual fazemos referência. Portanto, as classes semânticas aparecem como formas, como etiquetas e não como substâncias mentais (conteúdos mentais).

Trabalhos como os de Bransford e Franks (1972), falam sobre a integração semântica (capacidade do sujeito para elaborar conjuntos complexos de significação, para neles incluir seus conhecimentos).

Segundo estes pesquisadores, o armazenamento resulta em algo dinâmico. Eles estabelecem também, que a memória não está constituída por uma série de unidades, separadas e independentes, mas por descrições globais significantes. Estas descrições não só procuram o material adquirido, mas integram também os conhecimentos que o sujeito possui. Bransford e seus colaboradores falam de "memória enriquecida" para denominar as informações, efetivamente retidas.

Porém, estas capacidades integradoras da memória, permitem que o ser humano armazene e recupere quantidades cognitivas difíceis de calcular. Entretanto a I.A. baseia-se com mais frequência em conceitos globalizadores (esquemas, protótipos) para explicar a organização e a representação dos conhecimentos [LAU86], mas sem propor uma formalização satisfatória. (ver índice 4.4).

5.6.2- Uma memória flutuante: A lembrança humana.

Dizer que os conteúdos mentais não são frases ou palavras, mas sim descrições globais de significação, é o mesmo que dizer, que estes conteúdos, são uma forma abstrata de armazenamento. Assim sendo, pode-se dizer, que a diferença fundamental que existe entre as memórias artificiais e a memória humana, é que as primeiras são de carácter "atomista" (memória do computador), enquanto a segunda é de carácter globalizante.

==> Encadeamento e codificação.

A capacidade de integração do ser humano coloca em evidência o aspecto dinâmico da memória humana. Assim, as informações procedentes desta interação, desempenham um papel decisivo no processo cognitivo.

Investigações realizadas neste contexto mostram que as condições que ativam as estruturas conceituais do ser humano, constituem um fator importante para o processo de retenção. A integração teria uma ação estrutural e vai facilitar ao mesmo tempo o armazenamento e a restituição [BRJ72]. Porém, deve-se considerar que o encadeamento só se realiza na medida em que o sujeito adquire conhecimentos previamente.

Neste sentido, pode-se falar, com certa segurança, que o armazenamento não se produz na forma de categorias, de traços relativamente bem estabelecidos e bem hierarquizados. Em consequência, pode-se dizer que a idéia de uma semelhança entre os processos de armazenamento no ser humano e nos sistemas informáticos é um fato do passado.

No entanto, mesmo que a memória humana se apresente cada vez menos como uma estrutura hierarquizada, existem muitos autores

que a consideram como um sistema com vários níveis. Craik (1976), por exemplo, considera que o traço mnemônico depende em grande parte do nível de tratamento (estrutural: Semântico).

Pesquisas realizadas por Morris, Bransford e Franks (1977), mostram que um tratamento superficial pode resultar tão eficaz como um tratamento profundo, já que durante a fase de restituição, o encadeamento é idêntico ao que existia durante a fase de armazenamento. Além disso, estes pesquisadores ressaltaram que a força do traço depende das experiências do sujeito (habilidade de compreensão, conhecimentos adquiridos), mais do que do nível de tratamento.

De certo modo, existiria uma continuidade associativa entre o encadeamento e a tarefa [BAJ74]. Uma consequência do que estamos falando, referente à memória humana, é que não se pode afirmar que exista uma única forma de armazenamento, mas sim diversos armazenamentos, que dependem da história particular de cada indivíduo [BRO82]. Assim, por um lado, isto faz aumentar a diferença que existe entre as memórias artificiais e a memória humana e, por outro lado, permitem ver o salto qualitativo, que realizará a I.A., para responder no futuro ao que se espera dos computadores, sobretudo em termos de diálogo homem-máquina.

==> A variabilidade e a flexibilidade no armazenamento.

A memória humana, como já dito, tem continuidade associativa entre as tarefas e o encadeamento, mas isto não ocorre no caso das memórias artificiais. Na verdade, estas configuram-se de forma tal, que são obrigadas a dividir o encadeamento em unidades discretas, para que possam integradas entre si. Logo, não podemos assegurar, que se possa explicar o encadeamento, iniciando-se em

unidades simples [WIN82]. Na bibliografia, existem trabalhos, que apresentam a estrutura da memória humana, como algo variável. Isto é, uma informação não adquire sentido a partir de um significado que lhe seja próprio e que esteja estocado na memória, mas a partir da situação dentro da qual ela é tratada. É isto que Bransford, Mc Carrel e Nitsch (1976) denominam "flexibilidade semântica".

As pessoas são capazes de construir, criar ou imaginar significados, que geralmente, não são esperados [MCC76]. Para o sujeito é essencial que a estratégia adotada seja eficaz. Portanto, armazenar uma informação não consiste em dar um valor fixo, mas sim fazer com que o armazenamento seja mais "aberto", "leve", e "flexível". Tal flexibilidade de armazenamento, permitiria recuperar qualquer informação, integrando-a as modificações necessárias para adaptá-las ao encadeamento no qual se efetua a recuperação. Isto nos leva a afirmar que a colocação de traços na memória e sua recuperação não podem ser considerado como uma ativação, uma seleção ou uma montagem de traços, mas sim como uma autêntica solução de problemas.

O tratamento da informação é a resultante, no ser humano, de certo número de "operações realizadas em paralelo" [GAS83] e, é esta noção de paralelismo, que constitui o objetivo que terão que alcançar as máquinas de quinta geração.

No caso de software, os programas convencionais executam uma instrução de cada vez, passo a passo. Mas um programa em paralelo deve criar e gerenciar várias instruções simultaneamente. Portanto, ele precisará dividir a tarefa em várias partes e coordená-las para estabelecer uma sequência ordenada de instruções de dados e resultados.

Assim, para chegar à linguagem paralela, os pesquisadores devem começar por desenvolver um tipo de programa, chamado compilador, que simplesmente "traduz" um programa sequencial convencional em instruções paralelas.

5.7.- A memória, a categorização e a recuperação.

Na atualidade, o êxito da informática depende principalmente de seu valor de uso. Neste sentido, os engenheiros de sistemas começam a perceber que a concepção de um sistema deve levar em consideração, estudos ergonômicos baseados na compreensão e na representação que o usuário possui sobre o funcionamento do computador.

Assim apresentamos, certas diretrizes de pesquisa que podem ser úteis para elaborar interfaces de interação com uma base de dados.

5.7.1.- A informática, a psicologia e a base de dados.

Um enfoque de tipo cognitivo, em relação à interação com uma base de dados, que tem promovido poucas investigações é a estruturação dos dados. Esta denominação não faz referência a sua estrutura interna, mas somente à representação que possuem os operadores em relação à organização das informações. Os conhecimentos psicológicos de que dispomos nos levam a pensar que, quando um usuário deseja recuperar elementos existentes numa base de dados, suas estratégias de busca estão norteadas por hipóteses, que se referem à organização desta base. Por conseguinte, é possível que as dificuldades de uso de sistemas seja em função das grandes discrepâncias que aparecem, entre a representação das informações a serem consultadas e a organização de tais informações, do o

ponto de vista do usuário.

O problema apresenta-se de diversas maneiras. Do ponto de vista psicológico, são de grande importância as investigações que se referem à estruturação das informações na solução de problemas [MAY76] e à comparação de estruturas matriciais e hierárquicas. Isto supõe estudar os distintos rendimentos de tratamento da informação, em função de suas modalidades de organização. Assim sendo, é necessário determinar com antecedência qual é a tarefa do usuário. Embora, a interação com a base de dados não suponha uma autêntica simbiose, exige pelo menos que as tarefas sejam divididas da melhor maneira possível entre o homem e o computador. Pode-se verificar, por exemplo, que a tarefa do sistema consiste em recuperar e extrair o conjunto de informações requeridas, enquanto que o operador terá que localizar com a máxima precisão possível os dados investigados, geralmente por meio de descritores.

5.7.2.- A organização semântica e o processo de categorização.

O processo de categorização pode ser observada por dois tipos de enfoques:

- ==> Enfoque clássico;
- ==> Enfoque probabilista.

O enfoque clássico postula que todas os exemplares de um conceito compartilham propriedades comuns e que estas propriedades comuns são necessárias e suficientes para definir o conceito. Os conceitos (ou categorias: não efetuando nenhuma distinção) estão compostos, e podem se de compor, em dimensões definidas e relações lógicas entre tais dimensões. O enfoque clássico dos pro-

cessos de categorização supõe, portanto, que os conceitos definem-se mediante "n" dimensões de "p" valores, o que nos conduz à existência de p^n objetos.

O postulado fundamental implica que as categorias definem-se através de propriedades necessárias e suficientes que devem aparecer em todos os exemplares.

O enfoque probabilista, afirma que, a pertinência a uma categoria depende de critérios probabilistas. As propriedades ou traços significativos estão vinculados com as categorias, de acordo com uma probabilidade variável dos objetos, que podem aparecer traços não necessários. Por exemplo, os traços "pluma" e "asas" se encontram-se associados ao conceito "pássaro" com uma probabilidade elevada (tratando-se de propriedades elevadas), enquanto que "pode voar" ou "pode cantar" constitui propriedades mais fracas.

Assim, na medida em que os modelos, não compartilhem tudo de uma mesma maneira, determinadas propriedades variam de acordo com uma determinada categoria, em relação a seu grau de representatividade. Em resumo, o postulado diz: Um objeto X é exemplar ou sub-conjunto do conceito Y se e somente se X possui uma quantidade decisiva dos traços ponderados de Y.

Na medida em que os modelos típicos possuam muitos traços da categoria em questão, chegar-se-á com muita rapidez ao valor crítico exigido para tomar uma decisão, coisa que afirmam os experimentos realizados.

Assim, podemos observar um interessante paralelismo: A oposição entre os dois enfoques iguala-se às discordâncias observadas entre o engenheiro de sistemas e o usuário. Vejamos, a organização das informações que se apresenta no "software" e que ser-

ve para consultar à base de dados, fundamenta-se no ponto de vista clássico sobre os processos de categorização e de formação de conceitos. Enquanto, grande número de pesquisas mostram que o usuário faz uma representação da estrutura de dados muito perto ao enfoque probabilista. Portanto, o enfoque lógico, que faz a análise externa dos processos, não se baseiam numa estruturação de critérios determinísticos.

No caso do computador, ele é um processador determinístico, ou seja, para determinados tipos de entradas têm determinados tipos de saídas. E na maior parte dos programas de computador, eles também fazem processamento determinístico numérico e não-numérico, como foi indicado acima. Já no cérebro humano o processamento é probabilístico. Age com base na avaliação estatística de milhares ou milhões de informações.

Uma vantagem, do processador estatístico é que permite chegar mais rapidamente a uma determinada solução do que um processador determinístico, como o computador. Isto pode parecer paradoxal, mas a verdade é que o cérebro humano tem uma velocidade de processamento flexível de que nenhum computador é capaz.

Para localizar uma informação no cérebro, este opera por meio de analogias e associações quase instantâneas numa estrutura de listas.

Em termos computacionais isto é muito complexo, porque o computador tem milhões de informações armazenadas que devem ser vasculhadas para encontrar a informação desejada. Por exemplo, ao fazer uma busca sequencial, ele pode demorar muito tempo para localizar a informação, enquanto o cérebro humano o faz em frações de segundos, porque sua lógica implica num processamento em paralelo de milhões de informações todas elas com as mesmas chaves de

busca.

5.7.3.- Os juízos de pertinência a uma categoria.

=> Hipóteses de uma busca intra-categorial.

Este é um primeiro modelo que supõe a existência de busca inter-categoriais e intra-categoriais. A tarefa que se propõe ao sujeito consiste em, apresentar-lhe 1, 2 ou 3 nomes categoriais, julgue a pertinência de uma palavra de prova a conjunto mnemônico constituído por categorias conceptuais. Os tempos de reação obtidos, relativos as respostas positivas ou negativas, são mais breves quando as categorias são semanticamente semelhantes (fruta-legume), que quando são semanticamente não-semelhantes (peixe-árvore). Diversas interpretações têm sido propostas para explicar este resultado, mas nenhuma delas é realmente satisfatória.

Segundo Meyer (1973) os tempos de reação (T.R.), no caso de categorias semelhantes, são mais breves devido à diminuição de acesso às categorias seguintes.

Uma segunda hipótese, supõe que a diminuição observada nos T.R. é dada pelo aumento ritmico de busca, no interior da segunda categoria, devido à propagação da ativação produzida pela busca no interior da primeira categoria (2).

Além disso, Juola e outros autores (1976), formularam a hipótese de que as categorias semelhantes (passaro-mamífero) consolidam-se funcionalmente (animal) e a continuação é explorada como uma unidade, enquanto que o acesso às categorias semanticamente não-semelhantes, ocorre de maneira sequencial.

Por último, também existem dois pontos explicativos opostos, na hipótese de um processamento em série, segundo:

(a) Um acesso aleatório a cada categoria, seguido de uma categoria intra-categorial [MDK78];

(b) Que a busca intra-categorial só se realize na categoria supostamente pertinente [MCB80].

A noção de consolidação de categorias semelhantes, numa só é sustentada unicamente, quando a hipótese de uma busca intra-categorial é eliminada.

Assim, transformar o volume de busca "pássaro-mamífero" em volume de busca "animal" não diminui o âmbito de exploração, muito pelo contrário. Isto é, os juízos de pertinência categorial realizam-se sobre a base de uma comparação ítem/categoria (seja qual for sua forma), e deste modo, a consolidação permite, então, que no caso de categorias semelhantes, a tarefa do sujeito consista praticamente em realizar uma só comparação.

Isto nos aproxima a outros dois tipos de modelos, que não postulam uma busca intra-categorial, ao menos explicitamente. Assim, podemos distinguir entre modelos de recuperação (Retrieval models) e os modelos de comparação (Computational models).

==> Os modelos de recuperação e os modelos de comparação.

Na primeira classe de modelos, os conceitos representam-se na forma de nexos dentro de uma rede semântica e as relações entre conceitos armazenam-se na forma de caminhos rotulados entre nexos. Então, qualquer tipo de relação semântica pode ser armazenado na memória. Logo, a tomada de decisão numa tarefa de juízo de pertinência categorial, supõe encontrar a informação e, recuperá-la.

Se o processo for de busca ordenada [GLH75] o processo de propagação da ativação (Collins e Loftus, 1975) (2), este tipo de

modelo persistirá no processo de recuperação baseado na noção de força da relação sobre-ordenado/infra-ordenado.

Segundo os modelos de comparação, na memória só se armazenam aqueles traços de significação que correspondem às propriedades dos conceitos. Neste caso, podem ser estimados (calculados) todos os demais tipos de relação conceitual baseando-se nas características armazenadas. O protótipo (conjunto de características) de um item nos mostra o número de traços significativos, que contém o conceito. Por conseguinte, olhar o grau de relação sobre-ordenado/infra-ordenado, equivale a mudar a sobreposição semântica entre o sujeito e o predicado.

5.8.- Conclusão.

Neste capítulo, mostramos de forma (neurofisiológica e psicológica) resumida, como ocorre a atividade de memorização no homem, assim como as diferentes concepções da I.A. que têm influenciado profundamente as diversas teorias psicológicas da memória. Da mesma forma, procuramos mostrar os limites da metáfora informática quando se tenta mostrar a flexibilidade da memória humana.

Finalmente, mostramos como as pesquisas em psicologia, particularmente sobre a organização semântica, os processos de categorização e as decisões de pertinência de uma categoria, podem ser utilizadas para o desenvolvimento de memórias artificiais, chamadas "bases de conhecimentos".

(2) Esta noção de propagação da ativação, desenvolvida por Collins e Loftus (1975) supõe que, quando a uma pessoa é apresentada um item a um conceito, a ativação ocorrida de cada fonte começa a propagar-se através da rede, dividendo-se entre todos os caminhos onde originam-se estas fontes. Se duas fontes se encontram com respeito a um traço, e se os dois caminhos que levam à intersecção possuem um mesmo rótulo, os dois itens compartilharão esta classe.

CAPÍTULO VI

A RESOLUÇÃO HUMANA DE PROBLEMAS.

6.1.- Introdução.

Na vida cotidiana as pessoas têm uma grande quantidade de problemas ou situações a resolver. Todavia, problema quer dizer dificuldade, questão ou perplexidade que se pode resolver, ou procurar fazê-lo, mediante o pensamento reflexivo. Segundo Hartley [LEN82], os especialistas detêm uma grande quantidade de conhecimento "factual" (com natureza estática) a respeito da abordagem de problemas. Esse volume de dados que se pode adquirir rapidamente torna-se importante como "carga" inicial na geração rápida de uma base de conhecimento, que poderá ser usada para dar solução a um determinado problema.

Assim, resolver problemas é aplicar um conjunto de regras aos elementos de uma situação; ou se retomamos a terminologia de Gagné (1974), é construir um grupo conceitual complexo (ou princípio), integrando vários conceitos e várias regras distintas.

Assim sendo, neste capítulo, apresentamos um conjunto de aspectos que permitirão caracterizar o processo de resolução de problemas, pelo homem. Além disso, procuraremos mostrar como o ser humano utiliza a estratégia de meios e fins numa situação de resolução de problemas.

6.2.- Identificação e representação de problemas.

Uma representação é definida como um conjunto de convenções que permite descrever aspectos de uma determinada situação. A maioria das pessoas que trabalham em I.A. concordam que conceber uma boa representação é a chave para resolver problemas difíceis. Muitas resoluções de problemas, baseados no conhecimento humano, podem ser representados na forma de estruturas. Usualmente essas estruturas são proposições, produções de regras e construções (frames) (ver cap.-3). Mas, estas estruturas não permitem planejar interações com fatos. Tais interações não são possíveis com estruturas de controle baseadas em interações predeterminadas. [VIR85].

Vários autores têm conceitualizado o que são problemas e as formas através das quais as pessoas podem resolve-los. Uma atividade importante, consiste em analisar a natureza dos problemas resolvidos pelos sujeitos (especialistas), verificando-se sua exequibilidade por meio de um S.E. [HA84b, KIN84]. Deste modo, tem-se a idéia que os S.E. são melhor aplicados em problemas que evocam o raciocínio humano, onde há alternativas de caminamento e escolha para se chegar (mais rapidamente) a um objetivo determinado.

Existem vários modelos propostos para caracterizar problemas:

(1) Quanto a natureza das decisões (estruturados, semi-estruturados e não estruturados);

(2) Através do espaço de estado;

(3) Outros.

==> Quanto a natureza das decisões

Alguns autores classificam os problemas com relação ao processo e a natureza dos dados envolvidos nas suas soluções como sendo: estruturados, semi-estruturados e não estruturados. Os problemas estruturados são aqueles cujo processo de solução é bem determinado e é único. Têm também seus dados de entrada e saída bem definidos (por exemplo, os problemas cripto-aritméticos). Os problemas estruturados (ou com soluções estruturáveis) podem ser solucionados mais facilmente, através de processos algorítmicos com soluções previsíveis.

Os problemas não-estruturados, não têm dados bem definidos (com probabilidade associada) e existem vários caminhos alternativos que podem conduzir à solução (quando esses são bem escolhidos) ou a insucesso (se mal escolhido). Os problemas não-estruturados requerem decisões de difíceis previsões para os resultados. Neste caso, as mudanças de um estado para outro, são feitas pela procura de um "máximo local". Contudo, não se pode afirmar que o objetivo será alcançado (por exemplo, o máximo global). A procura de caminhos alternativos, que tentam melhorar o percurso de solução, para se atingir o objetivo (com visão local e global), pode ser entendida como "conduta heurística do decisor" [SIM72].

Não existe uma fronteira entre problemas que são bem estruturados e mal estruturados. Problemas como as torres de Hanoi ou Cripto-aritméticos até problemas como a tarefa de compor uma fuga ou desenhar uma casa. O segundo grupo (mal estruturado) tem uma distinção clara do primeiro grupo, seus objetivos são complexos e menos definitivos, não possuem um gerador simples de movimentos legais, etc.

Simon (1979) distingue os problemas mal-estruturados dos problemas bem-estruturados. Por exemplo, os problemas de matemáticas, comumente usados nas escolas - apresentam claridade nos aspectos essenciais de um problema - com passos bem definidos e uma resposta correta pre-determinada, pertencem à categoria dos bem-estruturados.

Simon (op. cit.) define os problemas mal-estruturados como os que:

==> São mais complexos e contam com critérios menos definidos para determinar se o problema foi resolvido;

==> Não proporcionam todas as informações necessárias para a solução do problema (são vagamente definidos);

==> Não dispõem de um "gerador de movimentos" com prescrições para explorar todas as possibilidades a cada passo.

Os processos cognitivos empregados para resolver problemas bem-estruturados e mal-estruturados são essencialmente os mesmos, mas, no caso dos mal-estruturados, à medida em que novos elementos são recuperados, a partir da memória de-longo-termo (ou obtidas de fontes externas), a concepção que o sujeito tem do problema altera-se gradualmente, e um amplo repertório de processos de teste é necessário para avaliar, se ela está cada vez mais "quente", em decorrência de cada estado alterado. Problemas mal-estruturados, são muitas vezes resolvidos, quando são simplificados numa série de subproblemas bem-estruturados.

Raiman (1965) num estudo de registro de um compositor profissional escrevendo uma fuga, evidenciou três aspectos. Da evidência dos registros, onde verifica que durante qualquer intervalo curto de tempo o compositor tratava com sub-problemas bem definidos do problema total. De sua memória de longo termo, ele re-

petidamente lembrou novas informações e, novos geradores de alternativas que gradualmente e continuamente transformaram o espaço do problema que ele estava trabalhando [SIM78].

=> Enfoque do espaço dos estados

Esta abordagem a problemas através de espaço dos estados (Teoria de Análise de meios e fins) foi sugerida por Simon e Newell [SIM72]. Segundo esses autores, essa é uma maneira que torna possível a percepção de complexidades na abordagem de problemas. Esse enfoque tem origem no projeto do "GENERAL PROBLEM SOLVER" proposto por esses dois autores. Se um problema tem grande espaço de estados já há indicações de complexidade. Isto, considerando que o sujeito (especialista) deve "trafegar" no mesmo com grande habilidade.

Problemas podem ser vistos como tendo:

- * Um conjunto de movimentos legais ou conjunto definido de restrições (operadores) e,

- * Um conjunto de objetivos (ou variáveis que assumem valores num domínio) e usualmente, a direção do movimento até ou fora do objetivo. Estes descrevem um conjunto definido como espaço dos estados de problema.

Os problemas têm maior ou menor complexidade segundo [ROS82]: a) O tamanho do espaço dos estados; b) O conjunto de operadores é muito amplo ou complexo de ser aplicado; c) O espaço dos estados não é conhecido, a priori, ou é muito amplo; d) Os operadores que caracterizam as mudanças de estados são difusos.

Por outro lado, Hayes (1984) menciona que a complexidade de solucionar problemas, aumenta de quatro maneiras, ou seja:

* O "solucionador" do problema não possui dados precisos ou conhecimento para obtê-los sem erro. Isto induz a falsos caminhos.

* Quando os dados mudam dinamicamente, obrigam o sujeito a raciocinar aceleradamente. Após a sua ação, novas ocorrências podem alterar um curso de ação pré-estabelecido.

* O tamanho do domínio dos estados, que implica num grande espaço de pesquisa ou caminhos alternativos (aumento de cursos de ação ou caminhos de pesquisa).

* O "solucionador" do problema tem disponível meios ineficientes ou complexos que consomem tempo na tarefa de solução (do problema), enquanto que outros têm recursos.

As variáveis ou objetivos que acarretam mudança de estados podem ser ou constituir conjuntos incertos. A essas variáveis ou objetivos podem ser associados (como alternativa técnica) fatores de probabilidade. Isso permite que se alcance soluções com grau de probabilidade associadas as mesmas [HA84b, KIN84].

Esta mesma teoria de "Análise de meios e fins" foi adotada em alguns sistemas baseados no conhecimento (S.E.) e foram divididos em três grandes categorias em relação ao tamanho do espaço de pesquisa, caracterizado por Hayes (1983): a) Um pequeno espaço de pesquisa (PEP); b) Um espaço de pesquisa grande e favorável (EPGF); c) Um espaço de pesquisa grande e não favorável (EPGNF).

O espaço de pesquisa pode ser fatorado se ele for decomposto em espaços correspondentes a subproblemas independentes. Adicionando ao espaço de pesquisa as características dos dados da fonte fornecedora dos mesmos e podendo-se refinar o problema (refinamento sucessivo), tem-se a idéia da complexidade do problema (ver fig.-6.1).

ONOMIA DE PROBLEMAS, COMPLEXIDADES E INDICAÇÕES PARA LUCAO

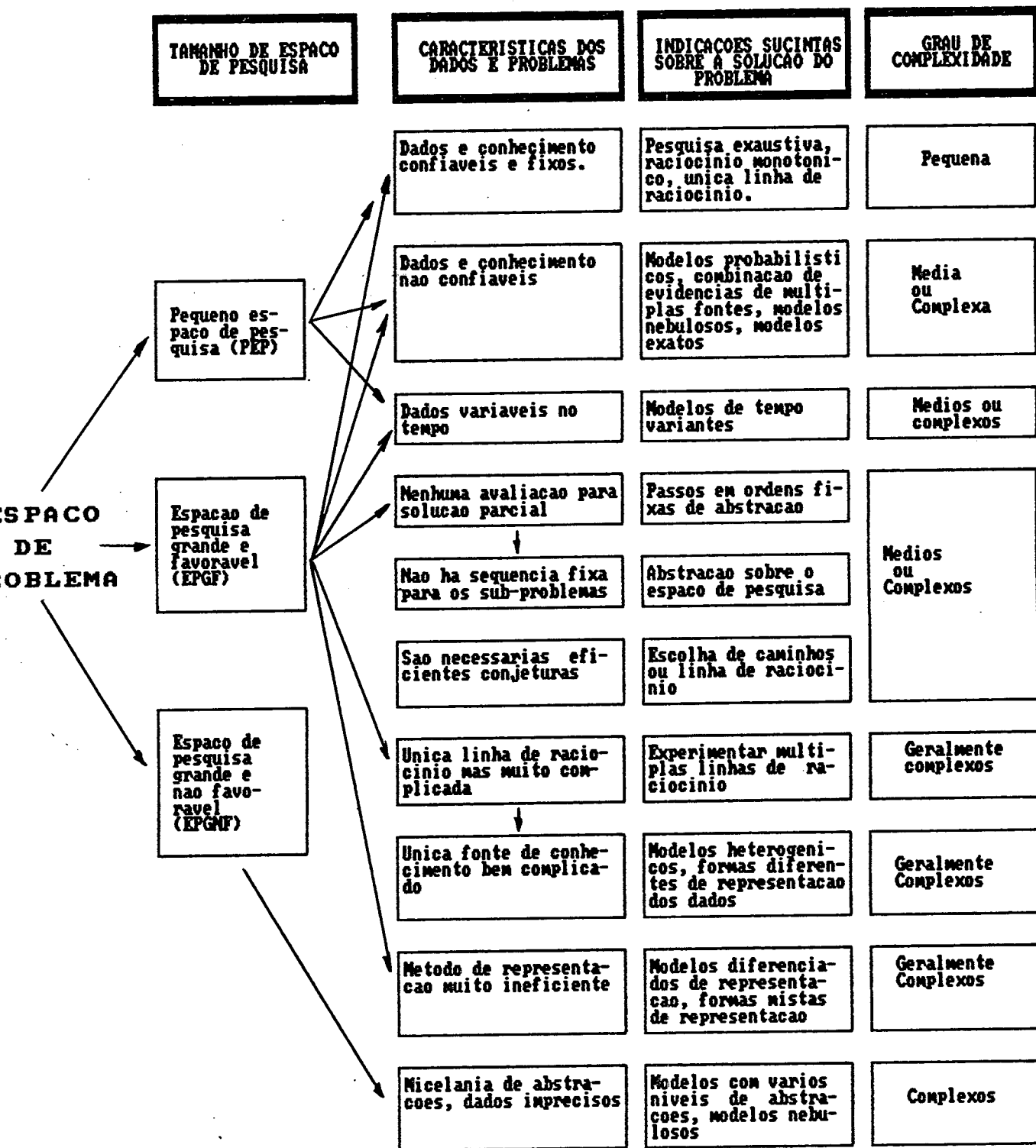


FIG.-6.1

Nos PEP o número de alternativas a serem seguidas, a partir de um estado qualquer, é pequeno. Isto porque o número de elementos do espaço dos estados é reduzido. Já no EPGP o número de caminhos alternativos a partir de um estado qualquer, é muito grande; combinando um PEP e um EPGF, com características ou natureza das variáveis (ou objetivos) de estado (grau de certeza), pode-se ter problemas com maior ou menor complexidade. No EPGNF é difícil identificar os caminhos a seguir e, por outro lado suas divisões em subproblemas, muitas vezes, não é admissível. Hayes (op. cit.) propõe algumas formas de solução, em situações de problemas combinados e de acordo com a natureza dos dados.

Essa taxonomia em termos de espaço de pesquisa é apresentada por Hayes (op. cit.) tendo como paradigma o enfoque sobre o conjunto de espaços de problemas. Esses três espaços de pesquisa são referentes ao número e a complexidade de alternativas ou caminhos a percorrer e aos dados a serem usados no processo de solução de facilidade em refletir e explicitar sua maneira de se conduzir, na identificação e solução de problemas. Isso denota uma autodisciplina internalizada de condução de pensamento, prática e hábito de cultivar atividade de "pensar como pensa". Consiste de um meta-conhecimento que atua como um "monitor" de racionalidade superior que facilita e controla a explicitação do conhecimento.

Essas atitudes reflexivas não são, usualmente, cultivadas pelas pessoas, sendo isso constatado em pesquisas sobre processos decisórios. Nessas pesquisas observa-se com frequência respostas de sujeitos do tipo "Sei decidir, mas não sei porque e como decidi".

6.3.- Variáveis na resolução de problemas.

Se as teorias de resolução de problemas, são por demais breves, incompletas, ou ainda, vagas para serem satisfatórias, elas têm pelo menos dado atenção a importância de uma multiplicidade de variáveis que afetam o desempenho. Estas variáveis caem em três grupos mais amplos: a) Aqueles que dão origem à natureza do problema; b) Aqueles que dão origem à solução contextual do problema e, c) Aqueles que dão origem à pessoa resolvendo o problema.

6.3.1.- A natureza do problema.

Os problemas variam muito, de acordo com o contexto, no qual eles estão bem ou mal definidos. A falta de definição pode caracterizar o estado inicial (os elementos do problema), o estado final ou ambos. No problema como "reparar a luz elétrica" ou "reparar o carro", o estado inicial é mal definido. Por outro lado no problema como "Desenhar uma praça central legal" também tem um estado final mal definido. A falta de definição é uma característica dos problemas cotidianos. Por exemplo, na fig.-4.4 a dificuldade relativa dos estágios, podem variar de acordo com o estado no qual está mal definido. No problema de concerto de carro, a maior dificuldade é para a análise do estado inicial. No exemplo, da praça central o coração do problema é, em especificar a natureza exata do estado objetivo.

Resolver problemas é afetado também pela familiaridade ou não familiaridade do problema. Experiências realizadas, verificam a percepção (ou conjuntos interpretativos) e o conjunto de respostas (ou operadores), os quais permitem que problemas similares sejam facilmente resolvidos. Problemas não familiares, os quais

não correspondem a experiências prévias, necessitam ser reestruturados, para serem resolvidos. Este ato de reestruturação ou reformulação, é comumente chamado "Perspicácia" (penetração) e é constatado com procedimentos, que são mecânicamente aplicados, quando o problema inicial é claramente formulado, de tal forma que a operação correta é auto-evidente.

A complexidade é outro determinante óbvio, da dificuldade do problema. O maior número de elementos no estado inicial e os demais passos ou operações requeridas para se chegar à solução, é o mais difícil do problema.

6.3.2.- O contexto do problema.

Conforme o problema é apresentado, pode-se tornar mais fácil ou mais difícil resolvê-lo. Na resolução de problemas de manipulação de objeto, a alocação física dos objetos pode afetar o desempenho. Eles podem ser localizados de tal forma a dirigir a atenção do sujeito até afastá-lo das respostas chaves. Quando apresentamos problemas verbalmente, podemos enfatizar ou tornar mais obscuros os elementos salientes do problema. As instruções e a maneira como elas são interpretadas influenciam poderosamente o seu desempenho. Em qualquer tipo de tarefa o desempenho reflete a troca de velocidade e precisão. Os dois tipos de critérios de sucesso, rapidez e precisão, tendem a variar inversamente e, o peso relativo se diferencia em cada tarefa, conforme as instruções recebidas e como elas são interpretadas e, segundo o estilo de conhecimento pessoal do indivíduo.

Além do contexto do problema e as instruções dadas, problemas precedentes incluem fatores contextuais e as expectativas produzidas por eles.

6.3.3.- O sujeito que soluciona problemas.

É óbvio, a priori, que a tarefa de como resolver problemas é determinada pelas características do sujeito, que soluciona o problema, tanto quanto o próprio problema. O grau de inteligência e a experiência prévia do indivíduo, são talvez as variáveis mais poderosas para determinar o fim e o resultado de qualquer tarefa.

A ansiedade, na situação de teste, pode impedir ou melhorar o desempenho, segundo a lei de Yerkes Dodson [S179a], que reza que o nível ótimo de estímulo varia com a dificuldade da tarefa, de tal forma que a alta ansiedade pode ser benéfica em tarefas simples, mas prejudicial para tarefas complexas. O desempenho também pode variar com a idade e sexo, sujeitos mais idosos tendem a ser mais ansiosos, que os mais jovens e, em consequência, apresentam mais dificuldades em problemas familiares, em problemas que exigem uma elevada carga de memória, em problemas que contém uma alta proporção de informação irrelevante, e em tarefas que permitem prêmio ao rendimento. Por exemplo, o pesquisador pode tentar inferir, como o sujeito está resolvendo um problema, variando sistematicamente diferentes aspectos do problema e, observando como essas variações afetam o seu desempenho solicitando que ele verbalize seus pensamentos (pensar em voz alta). Experiências realizadas, mostram que os sujeitos não podem falar rapidamente, ou seja, o suficiente para relatar todos seus pensamentos. A senha de "pensar em voz alta" pode atualmente distorcer processos normais de pensamento, induzindo o sujeito a não fazer seus pensamentos ordenados e inteligíveis para o pesquisador.

6.4.- A estrutura para o procedimento de resolução de problemas.

O sistema de processamento de informação (S.P.I.) do ser humano, o ambiente da tarefa e o espaço do problema são três componentes que estabelecem a estrutura para o procedimento de resolução de problemas.

O S.P.I. do homem, é um sistema adaptativo (ver cap.-4), capaz de modelar dentro de limites abrangentes, as exigências da tarefa e modificar seu procedimento, de forma substancial, através da aprendizagem.

Estas características de adaptação do S.P.I., ainda que dentro de certos limites são, todavia, suficientes para determinar ao sujeito uma representação do ambiente da tarefa, como um espaço do problema e, que resolução deste problema vai acontecer neste espaço do problema.

Assim sendo, a estrutura do ambiente da tarefa (conjunto de informações embutidas no problema) determina as possíveis estruturas do espaço do problema e, por outro lado, a estrutura de espaço do problema (conjunto de nós gerados por todos os movimentos legais do problema), determina os possíveis programas (estratégias), que podem ser usados para resolução de problemas.

Estas proposições são as "Leis da estrutura qualitativa" para a resolução humana de problemas.

6.4.1.- A estrutura do ambiente da tarefa.

A estrutura do ambiente da tarefa, através do S.P.I. do sujeito, usa a informação contida no problema para determinar os estados objetivos (espaços do problema) existentes.

Todavia, a estrutura do espaço de problema limita o procedimento, de várias maneiras:

* A definição dos movimentos legais;

* A definição dos objetivos e, usualmente, a direção do movimento até ou fora do objetivo;

* A sujeito que interage com os limites da memória de curto termo, para buscar caminhos, de solução mais fáceis de serem encontrados, que outros já conhecidos..

Se um sujeito, através de seu sistema de processamento de informação, está resolvendo um problema e através de uma sequência de movimentos entra num "beco sem saída", então ele deve voltar para uma posição prévia e procurar daí uma nova direção. Todavia, para esta mudança ser realizada, é exigido mais capacidade de memória, o que as vezes pode ser possível ou não. Neste sentido, métodos de procura que evitem a necessidade de voltar atrás devem ser adotados. Se um problema é resolvido, por exemplo, e cada fator é tratado separadamente, então podem ser evitadas todas as combinações dos fatores individuais.

Nos problemas cripto-aritméticos, onde usualmente é colocada uma pista para sua solução, quase todos os sujeitos encontram uma solução apropriada ao problema, sem considerar possíveis combinações de outros valores dados às variáveis.

Por exemplo,

```

      D O N A L D +
      G E R A L D
      -----
      R O B E R T
  
```

* Uma pista é dada D=5

O fato empírico de que as pessoas que solucionam problemas não fazem as anotações, mais ou menos nesta mesma ordem, coloca

em evidência, que o sistema humano de processamento de informação opera como um sistema seriado, com uma memória limitada de curto termo.

6.4.2.- O espaço do problema.

O esforço realizado, por um sujeito que soluciona problemas, deve representar, de alguma forma, o ambiente da tarefa na memória. Esta representação é o espaço do problema, isto é a maneira como o sujeito representa a tarefa a ser realizada, que deve ser distinguida do ambiente da tarefa.

Um problema que tem sido frequentemente estudado, como quebra cabeça, é o problema dos missionários e dos canibais (ver anexo-2).

Considerando-se que o S.P.I. é um sistema adaptativo, o espaço do problema e o ambiente da tarefa estão relacionados. O mais simples é o espaço de um problema numa tarefa, usualmente é chamado "espaço básico do problema", que consiste num conjunto de nós gerados por todos os movimentos legais.

A facilidade relativa para resolver um problema, vai depender do êxito do sujeito que o soluciona, em representar fatores críticos do ambiente de tarefa em seu espaço de problema.

Cada nó, num espaço do problema, pode ser pensado como um estado possível de conhecimento, do sujeito que soluciona o problema. O estado de conhecimento é, simplesmente, o que ele sabe sobre o problema, num determinado momento, ou sobre a informação disponível, para poder recuperá-la numa fração de segundos.

A procura de uma solução, de um problema específico, é uma aventura através do problema, de um estado de conhecimento para outro, até que o estado de conhecimento mais atual inclua a solu-

ção do problema.

Por exemplo, um problema com espaço relativamente pequeno de movimentos legais, é o quebra-cabeças das torres de Hanoi. Este problema com cinco discos (admite só $3^5 = 243$ arranjos) torna-se quase insolúvel, até que a representação do problema seja descoberta.

Problemas como as torres de Hanói, missionários e canibais, onde o espaço básico do problema não é imenso, mostra que o sistema humano de processamento da informação, tem capacidade limitada, no que diz respeito a procura ensaio/erro. Problemas com espaços imensos, mostram que a quantidade de procura exigida, para achar soluções, fazendo uso das representações que capturam a estrutura do ambiente de tarefa, tem pouca relação com o tamanho do espaço do problema [SIM78].

As operações para a conversão do estado atual no estado objetivo constituem a solução do problema [SIM72]. O modelo de solução de problemas proposto por Newell e Simon usa a palavra **operadores** para designar as ações que modificam o estado atual, aproximando-o cada vez mais do estado objetivo. Uma vez detectadas as diferenças importantes que existem entre o estado atual e o estado objetivo, o sujeito busca em sua estrutura cognitiva os operadores relevantes para reduzir essas diferenças e eliminá-las, até atingir o estado objetivo.

6.4.3.- Informação embutida em espaços de problema.

Os espaços de problema diferem-se não só em tamanho, mas também nos tipos de estruturas que eles possuem. "A estrutura é simplesmente uma oposição entre as palavras ou idéias, que pode ser usada para predizer as propriedades das partes do espaço,

ainda não consideradas pelas propriedades já pesquisadas" [SIM72]. Assim, esta predição se torna a base para pesquisas seletivas em vez de pesquisas aleatórias.

O exemplo mais simples de informação que pode ser usado para resolver problemas, sem uma procura exaustiva, é o "teste de progresso", que permite demonstrar que a solução está próxima. A maioria dos princípios de solução, observados com sujeitos que solucionam problemas, são baseados nesta idéia de aproximação sucessiva. Com o problema cripto-aritmético, por exemplo, o número das letras para o qual são definidos as substituições, evidência uma medida de progressão. Na tarefa das torres de Hanói, o número de discos no pino objetivo é uma medida de progressão. No problema dos missionários e canibais, o número de pessoas no outro lado do rio é a medida de progressão.

Cada estado de conhecimento é um nó no espaço do problema. Chegando a um determinado nó, o sujeito que resolve problemas, pode escolher um operador entre um conjunto de operadores disponíveis e pode aplicá-lo para chegar a um novo nó. Por outro lado, o sujeito pode abandonar o nó que ele atingiu, através de dois tipos de escolhas:

- * A escolha de um nó que será alterado;
- * A escolha de um operador para aplicar neste nó.

Sabemos que, em função dos limites da memória de curto termo, o homem não consegue resolver problemas, quando estando num nó de progresso, volta em relação ao nó atual, para memorizar os nós analisados previamente (as vezes sem potencialidades e mais comprometedoras). Ao contrário, o homem deveria enfocar a situação atual, qualquer que seja, para a tomada de decisão. Tal procura de ramificação é frequentemente observada, por exemplo,

quando se procura demonstrar teoremas.

Pode-se considerar a informação como a base de uma ou mais avaliações (não necessariamente numérica, claro), que podem ser dirigidas a um nó ou operador. O tipo mais importante de avaliação, para sujeitos que resolvem problemas, é colocar em determinada posição, operadores em cada nó, de acordo com seu estado alternativo, como uma maneira de sair deste nó.

Assim, uma técnica importante para extrair informações, a serem usadas para avaliação, é comparar um nó atual com as características do estado desejado, extraíndo as diferenças desta comparação. Estas diferenças, servem como critério para a seleção do operador relevante. Chegando-se a um nó, de menor distância do estado objetivo que os nós analisados anteriormente, realiza-se um progresso. Logo, selecionando-se um operador que é relevante, para reduzir uma diferença particular entre um nó atual e um nó objetivo, é uma técnica de (possivelmente) aproximação deste objetivo.

O sistema de procura heurística particular, que encontra as diferenças entre as situações atuais e as situações desejadas, determina um operador relevante para cada diferença, que será utilizado justamente para reduzir esta diferença. Este sistema é chamado "Análise de meios e fins".

6.4.4.- Geração da representação do problema.

Quando um problema (novo) é apresentado a um sujeito, ele não pode resolvê-lo sem entendê-lo. Quando uma tarefa é solicitada para ser realizada por um trabalhador, ele procura compreendê-la e procura gerar um espaço de problema, dentro do qual esta tarefa pode ser representada. Dentro deste paradigma, o trabalhador

não tem oportunidade, para descobrir o processo pelo qual é gerado a representação do problema.

Hayes e Simon (1974), têm usado isomorfos (mesma forma), no problema das torres de Hanói, para estudar como sujeitos geram a representação do problema. Dois problemas são isomórficos, quando são bem delineados todos os movimentos legais do primeiro problema, para os movimentos legais do segundo problema, tal como as situações inicial e final do primeiro problema, são delineadas para as situações inicial e final do segundo problema.

As verbalizações do tipo "pensar em voz alta" que cobre todo o intervalo de tempo, quando o sujeito lê as instruções do problema até o momento que ele está pronto para resolvê-lo, revelam as principais características do comportamento do sujeito, enquanto ele gera uma representação para o este problema.

Este processo tem sido simulado no programa UNDERSTAND, que possui dois sub-processos básicos:

- * Interpreta a linguagem das instruções e,
- * Constrói o espaço do problema.

Este programa, lê sentenças do texto do problema e extrai a informação, guiado por um conjunto de regras de informacionais de extração. As regras identificam as disposições das frases no texto, grupos referidos de objetos físicos e atividades e, determinam relações entre os elementos do problema como "agente", "instrumento", "propriedade", etc.

Este processo constrói o espaço do problema em duas partes:

- * Uma descrição da situação e,
- * O conjunto de operadores.

A primeira está baseada sobre as informações extraídas das sentenças, que representam os elementos do problema (pinos e discos no problema das torres de Hanói), relação entre os elementos do problema (relação entre os discos e pinos), estado inicial e final do problema.

A segunda é identificada pelas informações extraídas das declarações condicionais e frases no modo subjuntivo (depende de outros), que constituem um sistema de produção, no qual as condições são representadas como estado da situação e as ações são representadas como processos para fazer mudanças na situação. A maior responsabilidade do processo de construção é fazer certa ou compatível a representação da situação com a representação dos operadores.

Assim, o modelo contempla resolução do problema usando dois processos complexos:

- * Um processo de conhecimento, que gera o espaço de problema do texto do problema e,

- * Um processo de resolução que explora o espaço do problema para tentar solucioná-lo. O processo de resolução tem um controle total, no sentido em que ele analisa a informação gerada, acerca do espaço de problema, para permitir que um novo passo seja dado. Quando, não existe nenhum outro passo a ser dado, ele chama de volta o processo de entendimento, para gerar mais especificações para o espaço do problema.

Os dados obtidos, mostram que a representação do problema que os sujeitos constróem está determinada, sensívelmente, pela maneira exata como o problema é colocado. Por exemplo, no problema das torres de Hanói, discos são associados com pinos e, um movimento legal consiste em mover um disco de um pino para outro.

Um problema isomorfo pode ser construído no qual pinos são associados com discos e um movimento legal consiste em mudar o pino que é associado com um determinado disco (esta segunda representação é mais difícil). Podemos concluir que, "os sujeitos normalmente não procuram a representação mais eficiente do problema - a representação que torna a solução mais fácil - eles adotam a representação que deriva da forma mais correta da linguagem das instruções do problema" [SIM78].

6.5.- Adaptação de fatos e heurísticas usadas pelo homem.

Atualmente, psicólogos cognitivistas têm começado a usar programação (especificamente "produção de sistemas"), para desenvolver modelos e aprender processos.

Os modelos de produção de sistemas, são baseados na idéia de que o conhecimento é representado na memória de longo termo, na forma de regras de condição/ação (ver cap.-3). Como já se falou anteriormente, para pôr em prática algum procedimento de um sistema de produção, numa situação, é preciso "ativar regras", comparando o conteúdo da memória de trabalho com o elemento condição das produções na memória.

Assim, essa "ativação de regras", no homem, é um ato de pensar e é feito pelo raciocínio. É por isso que pesquisadores em I.A., concluíram que a inferência (processos aplicados à base de conhecimento), seria o melhor método para dar raciocínio à máquina, através de uma associação de informações.

Na opinião de Dewey, pensar de forma reflexiva é "considerar de modo ativo, persistente e cuidadoso uma crença ou forma de conhecimento, com as conclusões dela decorrentes à luz dos fundamentos que a apoiám". Assim, raciocinar é pensar, mas nem toda

atividade do pensamento, entretanto, é raciocínio. Pensamos, quando nos lembramos de um fato, associamos idéias ou imaginamos. Raciocinamos, quando pensamos de forma reflexiva [LEN82].

No ato de raciocinar, escolhem-se argumentos, selecionam-se hipóteses, procuram-se explicações para aquilo que não se compreende de pronto, resolvem-se problemas pela atividade do intelecto. Por isso, o raciocínio se vale de idéias.

No caso da I.A. que trabalha com símbolos, não se tem algoritmos para a solução de problemas. Usa-se um procedimento semelhante - conhecimento denominado heurístico, que vem do bom senso e do bom julgamento sobre algum assunto específico - a uma pesquisa exploratória, numa busca análoga à empreendida pela inteligência humana.

A palavra heurística origina-se do grego heurískein, que significa encontrar, buscar por via erudita. Modernamente a heurística é definida como a ciência que estuda as constantes da atividade do pensamento criador. Seus objetivos já não se reduzem à busca das constantes do pensamento criador, englobam também a elaboração de métodos - de perguntas e respostas para encontrar a solução de vários problemas - e modos de direção desses processos. Pode-se examinar grande número de possibilidades, mas o processo de busca é organizado, heurísticamente, de tal maneira que os caminhos mais prováveis são explorados, primeiramente, com a finalidade de atingir mais rapidamente aos objetivos propostos. Estes conceitos foram desenvolvidos no final da década de 1960, principalmente por Herbert Simon, em seus trabalhos sobre a teoria da decisão.

Para Lenat (1982) o conceito de heurística, é "um pedaço de conhecimento capaz de sugerir uma ação plausível ou implausível

de ser realizada". Por isso, na construção de um S.E., o engenheiro de conhecimento não deve se comunicar meramente com fatos, senão também com heurística, que é a aplicação e o julgamento informal das regras que o guiam, rapidamente, na tomada de decisão. A heurística inclui um julgamento que precede uma ação e por outro lado, é descrita (no todo ou parte) pelas regras de decisão, em certo nível de abstração, usadas pelo sujeito que decide. Assim sendo, num conceito mais amplo de julgamento, a heurística incorpora os três níveis que descrevem um processo decisório, no modelo racional de decisão proposto por Simon (inteligência, escolha, ação) [SIM72].

6.6.- Considerações adicionais sobre abordagem na solução de problemas.

Todas as características ou indicações descritas por Hayes (1984) na solução de problemas, são úteis num segundo instante da abordagem dos mesmos. Esse enfoque é útil quando se conhece o problema, ou seja, já foi identificado o(s) problema(s) e alguém já o(s) resolveu de alguma maneira. Então, nesse ponto tem sentido falar em espaço de estados do problema - uma maneira real de focar e de resolver problemas [SIM72]. Essa é, possivelmente, uma das limitações desse modelo de análise. Em outras palavras é arriscado emitir opiniões sobre a natureza dos problemas sem o devido envolvimento com os mesmos. No caso em que se conhece sujeitos com conhecimento da área em questão e que são capazes de fazer uma abordagem da mesma, então sugere-se que se aplique uma ferramenta, tipo questionário, que auxilie na identificação da natureza do(s) problema(s), sem que exista um grande envolvimento inicial do engenheiro de conhecimento, com o sujeito que resolve

o problema.

Esta é a grande diferença entre estes métodos. O argumento que os humanistas apresentam e que poderia ser chamado de falácia intencional, é que, "pensamento não será a palavra certa para o processamento das informações que existirá por trás de seu desempenho (S.E.)". Por que a maioria dos pesquisadores da I.A. não procuram reconstruir o fluxo de informações que ocorre realmente numa massa de neurônios humanos - e muito menos formar substitutos para os próprios neurônios. Em vez disto, tais pesquisadores procuram reproduzir somente a relação entre insumo e produção [KON88].

A pessoa que soluciona um problema, acredita que o processo real de resolução de problemas, consiste em saber aplicar regras de forma a se conduzir (ou trafegar) no espaço dos estados do problema, a procura de um objetivo (alvo). Assim, as mudanças de um estado para outro se fazem através de aplicação de regras.

A condução do raciocínio, no processo de resolução, requer tentativas de se guiar por caminhos alternativos que são avaliados (visão local) e, caso não se atinja a meta esperada, novos cursos de ação são analisados, definidos e percorridos. A pessoa que soluciona problemas trafega através do espaço de pesquisa durante um processo de solução de problema geralmente usando uma conduta heurística, representada por um conjunto de regras práticas ("Rules of Thumb") [HAB4b]. As heurísticas descritas por essas regras práticas, auxiliam significativamente a eles, nas atividades de contornar e resolver problemas complexos. Essas regras práticas se diferenciam de um sujeito para outro. Desta forma, se caracteriza o desempenho dentro do sujeito, uma vez que permitem chegar a soluções rápidas, através de caminhos mais simples

(caminhos ótimos).

6.7.- Conclusão.

Neste capítulo foram apresentados os tipos de problemas que o homem pode resolver, a aplicação da teoria de análise de meios e fins nos problemas estruturados, os parâmetros que afetam as pessoas neste processo e como eles representam a informação em memória.

Da mesma forma, foi mostrado como o homem realiza inferências, a um conjunto de fatos ou regras, para determinar uma solução a um determinado problema.

CAPÍTULO VII

O COMPORTAMENTO ADAPTATIVO DA MEMÓRIA HUMANA NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS.

7.1.- Introdução.

Os tipos de ocorrência, chamados resolução de problemas, são de uma variedade infinita e todas elas implicam a existência de problemas, que devem ser solucionados por meio de raciocínio, utilizando-se princípios simples ou complexos. Mas, para descobrir uma solução apropriada, o homem precisa "aprender" mediante a reestruturação dos elementos da situação, da tarefa ou do problema que lhe é apresentado.

As teorias cognitivas da aprendizagem, assumem que a experiência envolve a codificação de sinais recebidos, a fim de permitir a criação de memórias e a tomada de ações apropriadas.

Vários problemas surgem durante o processo de aprendizagem. Qual é, por exemplo, o efeito do novo conhecimento no conhecimento já armazenado?. A forma como o conhecimento é armazenado afeta não só a forma como ocorre a aprendizagem, mas na verdade, a ocorrência desta aprendizagem. Por exemplo, se um sistema usa funções de avaliação, para controlar uma busca, então a aprendizagem envolverá a aquisição de melhores funções de avaliação. Todavia, se um sistema usa regras de produção então a aprendizagem

envolverá a geração de novas regras, capazes de organizar os tipos de comportamentos.

Assim sendo, neste capítulo, apresentamos um resumo da teoria cognitiva da aprendizagem, os aspectos mais importantes da aquisição do conhecimento pelo homem e finalmente como se produz a solução de um problema, através do processo de aprendizagem, mais especificamente por analogia.

7.2.- A aprendizagem.

7.2.1.- O que é a aprendizagem ?

A aprendizagem é um termo correntemente utilizado para referenciar o processo seguido pelos homens, assim como pelos computadores, para desenvolverem os seus conhecimentos e as suas capacidades, de modo a responder às solicitações externas.

Todo processo de aprendizagem deve ter dois componentes principais:

(1) O processo de aquisição de novos conhecimentos: Neste processo, Bartlett (1932), Vernon (1937) e Piaget (1974), definiram o conceito de esquema em seus estudos sobre os processos de aquisição [EHR75]. Segundo Piaget (op. cit.), os esquemas (ver cap.-3) não são independentes uns de outros, eles são coordenados e organizados no decorrer de uma evolução de estágios sucessivos. O esquema é assimilador, na medida em que permite ao indivíduo selecionar e elaborar as informações recebidas. Reciprocamente, o esquema acomoda-se, modifica-se no decurso das atividades do indivíduo. Assim, a aprendizagem tem um recurso de assimilação e de acomodação. Ela realiza a construção e as transformações - no sentido de uma generalização e uma adequação crescente - do es-

quema, isto é, as modificações de sua estrutura e de suas relações funcionais com os objetos e as ações a que o esquema corresponde.

(2) O processo de resolução de problemas: é exigida tanto para integrar o sistema de novos conhecimentos, que forem apresentados, como para deduzir novas informações, quando os fatos exigidos não tiverem sido apresentados (ver cap.-6). A capacidade que uma pessoa possui para se auto-instruir, para resolver um problema, é composta por princípios de ordem superior que são habitualmente denominados estratégias. Mas, enquanto os princípios de ordem superior lidam com o conteúdo do conhecimento (princípios de conteúdo), relativo ao assunto que está sendo aprendido, o mesmo acontece com as estratégias (princípios heurísticos). Assim, podemos supor que as estratégias são aprendidas e usadas para auxiliar um processo de resolução de problemas. Por isso, para ter capacidade de resolver problemas, o sujeito precisa de algum modo, já ter armazenado grande quantidade de conhecimentos, estruturadamente, organizados e estes se compõem de princípios de conteúdo e não de princípios heurísticos.

Da mesma forma que a própria inteligência, a aptidão para aprender é um conjunto de habilidades. Entre essas habilidades estão a capacidade de generalizar, de induzir, de fazer analogias e de receber instrução. As três primeiras destas habilidades, tornam possível o aprendizado, que tem origem na experiência e, a última, possibilita que se aprenda com auxílio de um professor.

Não são necessárias muitas considerações, para se concluir que qualquer máquina inteligente (ainda com capacidade limitada), deve apresentar alguma capacidade de aprender. Se a inteligência desta máquina tem origem na manipulação de conhecimentos, apren-

der significa ser capaz de criar novos programas e de aperfeiçoar os já existentes. Se, por outro lado, a inteligência é devida a processos conexionistas (redes neurais), a máquina precisa mostrar que pode calcular a intensidade delas e que pode introduzir neurônios auxiliares em suas representações, sempre que estes forem indispensáveis.

Há três razões fundamentais para se estudar o processo da aprendizagem:

A primeira, por que nos ajudará a compreender como somos capazes de aumentar os nossos conhecimentos. Desenvolver modelos de aprendizagem em sistemas informáticos ajuda-nos a melhor compreender o próprio processo humano de aprendizagem.

A segunda razão, para o estudo da aprendizagem, diz respeito a necessidade de dotar os computadores com esta capacidade. É um fato conhecido que o desenvolvimento de software é, em geral, um processo bastante dispendioso.

Uma terceira razão, do estudo da aprendizagem, é integrar o componente de solução de problemas, exigida tanto para integrar o sistema de novos conhecimentos que forem apresentados, como deduzir novas informações, quando os fatos exigidos não tiverem sido apresentados.

Na realidade, já existem programas que têm a capacidade de aprender. Contudo, ainda se terá de percorrer um longo caminho, antes de ser possível transmitir-se conhecimentos ao computador ao invés de programá-lo.

Antes de olharmos para o que realmente fazem alguns dos sistemas já existentes, vamos analisar, com mais detalhe, o processo da aprendizagem.

7.3.- Conhecimento e Desempenho: Uma abordagem cognitiva.

Para Herbert Simon (op. cit.), a aprendizagem é qualquer processo através do qual um sistema melhora o seu desempenho. Esta melhoria pode ser alcançada quer seja aplicando novos métodos, quer seja melhorando os métodos existentes, não podendo contudo, ser levada a termos sem que se verifique alguma alteração no sistema. Assim, se o conhecimento for representado por regras, como o é, na maioria dos sistemas especialistas hoje existentes, ele terá que, por meio de qualquer modo, ser capaz de modificar estas regras, para melhorar o seu desempenho.

Aprendizagem de um indivíduo inclui processos de organização, de integração, de armazenamento e a recuperação de informações. O ser humano é concebido como um manipulador de símbolos, que busca informações e trata de assimilá-las ativamente, de modo que as informações captadas são ajustadas às suas estruturas cognitivas.

Prestar atenção, compreender, aceitar, reter, transferir e agir são os componentes principais do processo de aprendizagem (ver fig.-7.1).

Esta informação é submetida a contínuo processamento e elaboração: análise de padrões sensoriais, classificação, conexão com associações passadas, assimilação no sistema semântico da pessoa..etc. - um processo que funciona a níveis cada vez mais profundos de análise, desde a extração das características sensoriais da informação até a extração do significado.

Durante o processamento, em virtude de decisões do sujeito, bloqueios, interferências e outros fatores, a informação recém-recibida sensorialmente pode ou não, ser compreendida; pode, ou não, ser aceita (em função de normas, valores, atitudes e predis-

A TRAJETORIA DA APRENDIZAGEM NA PESSOA

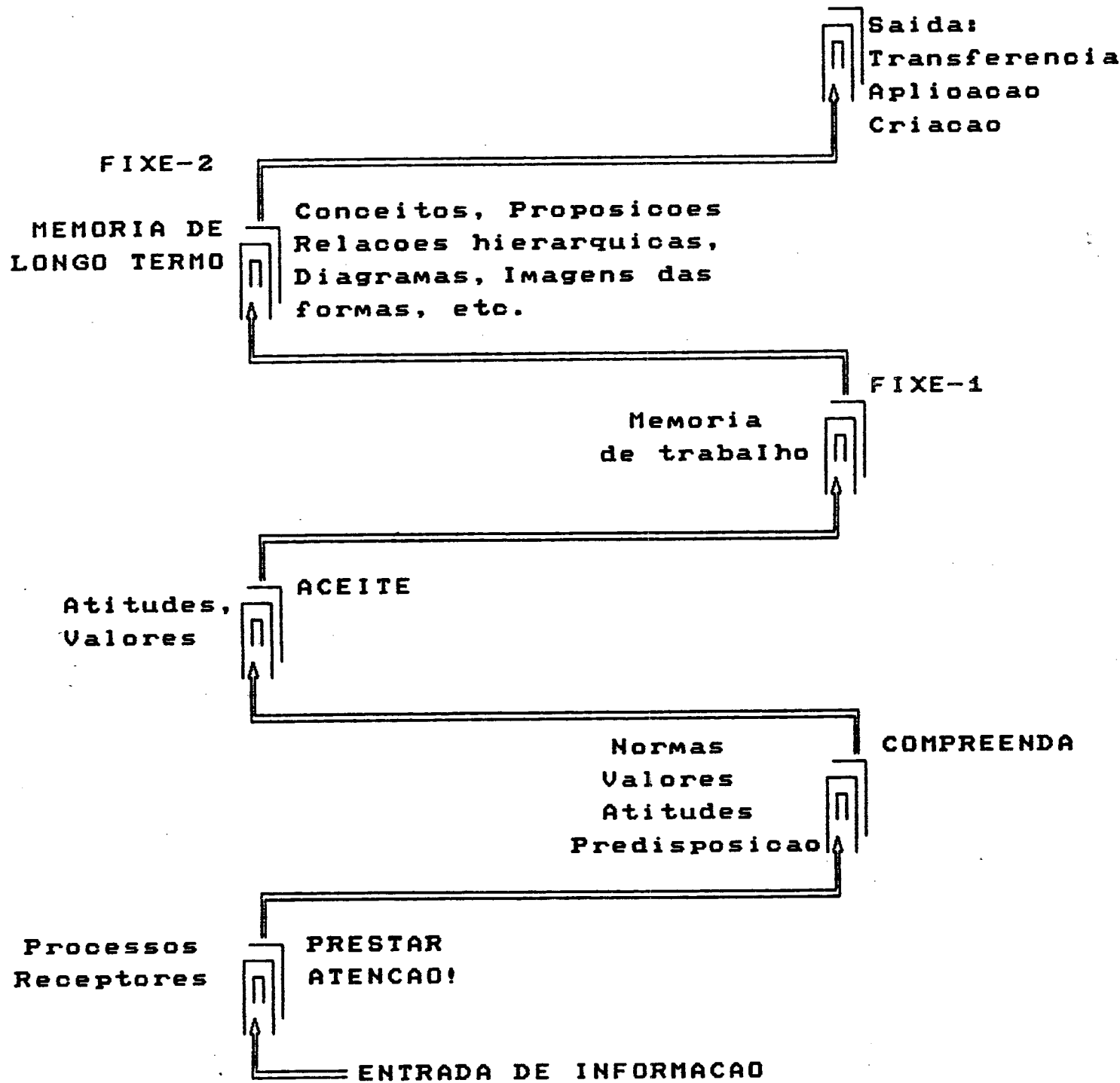


FIG.-7.1

posições que levam o sujeito a "concordar" com a informação ou a rejeitá-la); e pode, ou não, ser fixada ou armazenada na memória. Fixação mnemônica a longo prazo de informação supõe uma transformação essencial: não armazenamos os próprios sons ou formas, mas algo distinto - conceitos, proposições, relações hierárquicas, diagramas, imagens das formas [PFR87].

O uso, transformação ou aplicação das informações pelo sujeito supõe um processo de recuperação de informações armazenadas em sua memória a longo prazo, de modo que se tornem imediatamente acessíveis à consciência. As informações podem ser simplesmente recuperadas, combinadas com informações entrantes ou transformadas, a fim de ativar o gerador de respostas ou ações, que as organiza de modo que resultem em algum tipo de desempenho ou ação.

Se nós aceitamos o ponto de vista de que o conhecimento pode, ser representado por regras, então é necessário defini-las, organizá-las e alargá-las. Assim, o processo da aprendizagem, terá a ver com a definição de novas regras a partir de exemplos ou a partir da própria informação fornecida pelos peritos. O subsistema responsável pela aquisição de novos conhecimentos muitas vezes chamado de Subsistema de Aquisição de Conhecimentos.

A fig.-7.2 mostra a arquitetura básica de um sistema com capacidade de aprendizagem.

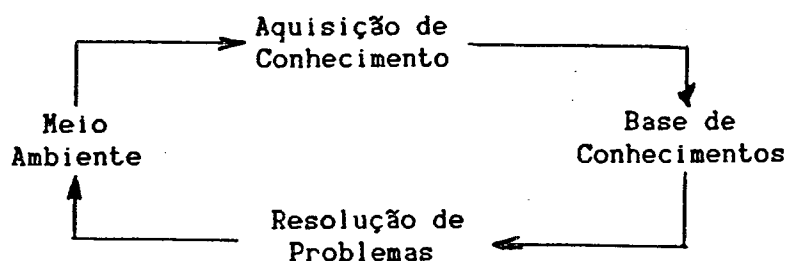


figura.- 7.2

O subsistema de aquisição de conhecimentos, responsável pelas modificações da base de conhecimentos pode ser mais ou menos complexo. Pode apenas seguir as instruções dos peritos ou, pode apresentar algumas justificações antes de introduzir qualquer alteração. O sistema de resolução de problemas usa a base de conhecimentos para responder a uma solicitação do meio ambiente.

==> Aprendizagem e transformação da informação.

Considerando que tudo aquilo que é de nosso conhecimento é um resultado das nossas interações com o meio ambiente, poderemos dizer que objetivo da aprendizagem é captar ou extrair informação do ambiente e organizá-la da maneira apropriada.

Obviamente que o mais importante é ter em consideração os dois pontos seguintes: 1) qual a informação a ser fornecida ao sistema. 2) qual a informação que o sistema já possui.

Alguns sistemas não aprendem por interação com o meio ambiente, mas pela transformação da informação armazenada para uma forma mais adequada, obtendo assim uma melhoria do seu desempenho.

A informação que é fornecida ao sistema pode ser classificada em várias categorias dependendo do fato de ser uma informação de índole geral, relevante para uma vasta gama de problemas ou específica, caracterizada por ser uma informação detalhada apenas relevante para alguns problemas concretos. O objetivo do subsistema de aquisição de conhecimentos consiste em modificar a informação para facilitar a tarefa da resolução de problemas.

Se a informação fornecida do exterior for demasiado específica, torna-se por vezes útil generalizá-la de modo a cobrir uma gama mais ampla de situações. Se, pelo contrário, a informação é

demasiado geral, deve ser adaptada às circunstâncias específicas.

Muitos sistemas podem gravar grandes quantidades de dados mas, mesmo assim, servem de pouco interesse como programas de aprendizado.

==> Aprendizado através da resolução de problemas.

Na realidade a maior parte dos engenheiros de Software, não estão hoje em dia, preocupados com os problemas referidos da análise de um exemplo e determinação do conceito que representa, isto é, com o problema da classificação. Em geral, aquilo que os engenheiros de Software pretendem é que os sistemas tenham capacidade para resolver problemas. Por exemplo, vamos considerar o problema da resolução de equações. Em geral, o que se pretende é que o sistema não só seja capaz de reconhecer e classificar equações mas também de nos oferecer as suas soluções.

Um dos primeiros programas nesta área, chamado Hacker, era capaz de aprender a construir estruturas simples como, por exemplo, torres a partir de blocos. O programa ELM de Brazil no domínio da resolução de equações era capaz de aprender a resolver equações simples como por exemplo: $(X+3)+=7$. Ao ELM foi fornecida uma base de conhecimento inicial contendo um número de regras representando todas as transformações algébricas válidas, tal como a regra da associatividade, etc.

Uma das características essenciais deste sistema era o de que aprendia a partir da análise das soluções geradas pela resolução de problemas, o que foi conseguido através da eliminação de todos os ramos que parecessem não levar à solução.

O subsistema responsável pela análise da solução tornou-se conhecido como o Crítico. Incluindo o subsistema Crítico na ar-

quitectura do sistema de aprendizagem, mostrado anteriormente, passaria a ter a seguinte forma, ver fig.- 7.3.

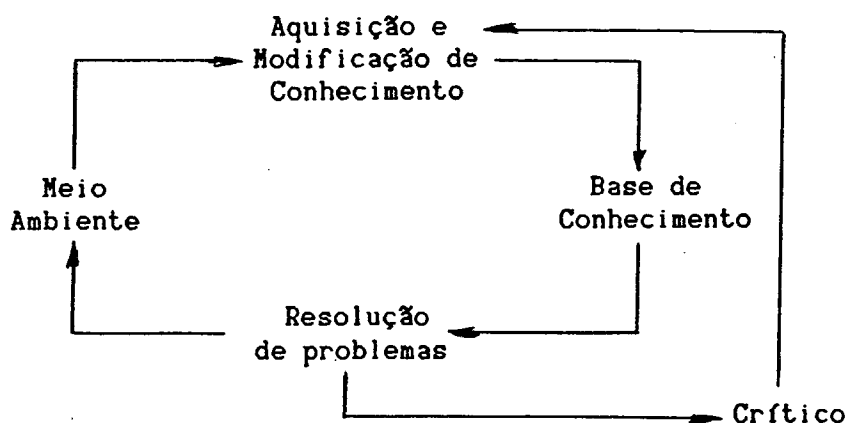


figura.- 7.3

==> Aprendizado pela explicação.

Recentes investigações sobre aprendizagem de resolução de problemas levou à conclusão que a aprendizagem é muito dependente da análise das soluções. Este ponto de vista ficou reforçado com um trabalho posterior que é, hoje em dia, muitas vezes referido por "Aprendizado pela explicação".

Como o próprio nome sugere este tipo de aprendizado é baseado na análise das explicações. Para aprender, por exemplo, o conceito xícara o sistema constrói uma explicação de todas as razões pelas quais o exemplo de instrução (o exemplo da xícara) satisfaz o conceito da xícara. A explicação é similar às dadas por muitos sistemas periciais sendo normalmente representada na forma de uma árvore (And/Or tree). Se o sistema é implementado em lógica, a explicação pode ser vista como a prova de demonstração de que o conceito em questão é verdadeiro no contexto do exemplo usado pa-

ra instrução.

Para obter uma generalização fundamentada o sistema tem que construir, em primeiro lugar, a árvore de explicação para de seguida, definir um conjunto de condições suficientes justificando que os exemplos escolhidos satisfazem o conceito em questão. Após estas condições terem sido definidas para cada regra (operador), torna-se muitas vezes útil propagar estas condições até à raiz da árvore.

A propagação das condições permite facilitar a tarefa do interpretador de conhecimento, visto o sistema não ter de seguir todos os passos bastando apenas testar algumas das condições antes de iniciar a pesquisa. De certa maneira, o sistema aprende a perceber as características que são importantes, e nessa medida não tem tanto trabalho enquanto conduz a pesquisa.

7.4.- Representação de problemas na memória e transferência dos efeitos na resolução de problemas.

Gick e Holyoak, determinaram que analogias em resolução de problemas, é uma heurística especialmente útil em situações em que as pessoas encontram alguma coisa nova. O problema da radiação é novo para a maior parte das pessoas, porque eles desconhecem os procedimentos médicos ou acerca dos "raios" ou se os "raios" podem ser "divididos". Com expressões em tais problemas, uma útil estratégia envolveria pesquisar a memória em situações análogas. Se uma situação análoga for estabelecida é necessário considerar dois problemas: em primeiro lugar, a solução para essas situações prévias podem servir como base ao pensamento para a solução de um problema apresentado e, em segundo lugar, se tem que decidir como deve-se adaptar a solução obtida à nova situação (ver anexo-3).

Um pré-requisito de resolução de problemas análogos é que deve-se ter uma representação mental na memória de um problema análogo. Gick e Holyoak, adaptaram termos de Gentner (1979) [KAH86], chamando-os, ao problema experimento "base do problema" e ao problema corrente "problema objetivo". Um dos resultados mais importantes nas pesquisas de resolução de problemas analógicos é para entender como a descrição do problema objetivo é usado para pesquisar a memória de longo termo para recuperar um problema base. Aqui é assumido que o problema objetivo é representado na memória de curto termo (memória de trabalho) e o problema base é representado na memória de longo termo. Então o problema, torna-se como uma memória que recupera uma informação. Em outras palavras, é recuperar um problema que é análogo a um problema corrente. Se uma pessoa tem bom êxito ao recuperar um problema análogo da memória de longo termo, por exemplo, no problema da fortaleza, este vai resultar em transferência positiva para o novo problema; se não, o novo problema, por exemplo, o problema da radiação, vai ter que ser tratado desde o início. Falsas analogias podem levar a soluções incorretas.

Devemos observar que uma boa analogia é uma matéria difícil, por exemplo, compare-se as representações do problema da Fortaleza e o da Radiação, as quais são sinteticamente mostradas em baixo :

a) Memória de longo termo - problema base (Fortaleza).

Estado inicial: Um general por fora da fortaleza está com armas. Um tirano está no interior da fortaleza. O caminho à fortaleza é espalhado de minas. Um conjunto de homens do general, destruiriam as vias e fariam um obstaculo. Se os caminhos são destruidos, o tirano destruiria muitas aldeias em represálias.

Objetivo: General vencer a tirano.

Operadores: O general pode usar armas para atacar a Fortaleza.

Restrições: O general deve evitar a destruição de armas e da aldeia.

Solução: O general divide as armas em pequenas unidades. O general dirige as unidades nas muitas vias espalhadas da fortaleza. O general congrega armas na fortaleza. As armas atacam a fortaleza com eficácia.

b) Memória de curto termo - problema objetivo (Radiação).

Estado Inicial: Um tumor encontra-se no estomago de um paciente. Ao doutor não é admitido operar. O doutor tem um raio especial que pode ser usado para o tratamento. Alta intensidade de raios destrói tecidos fortes tão bem como tumores. Baixa intensidade de raios não destrói tumores nem causa dano aos tecidos fortes.

Objetivo: O doutor destrói o tumor.

Operadores: O doutor pode usar raios especiais para destruir os tumores.

Restrição: O doutor deve evitar dano aos fortes tecidos.

Solução: ???

O surpreendente assunto desta representação é que eles não têm nada em comum "na superfície". Num caso, os objetos representados são coisas tais como paciente de hospital, um doutor, raios especiais e assim por diante. No outro, os objetos são um ditador e um general, armas, minas, caminhos e aldeia. Então aí é uma dificuldade em explicar como a memória é hábil a encontrar correspondência entre quais eventos são análogos, no problema apresentado. O resultado do experimento demonstrou que a maioria dos sujeitos falharam a observar espontaneamente a analogia. Agora, nós perguntamos, porque a maioria falho ?.

==> Nível de Abstração.

Gick e Holyoak falam que histórias ou problemas podem ser representados em muitos níveis de abstração. Um nível profundo de abstração, embora, ambas histórias (Fortaleza e Radiação) sejam descritos com o objetivo de "vencer um obstaculo". Eles argumentam, que o processo de lembrar um problema na presença de outro, deve mediar um profundo nível de abstração, dos dois proble-

mas que revelam suas similaridades.

Kintsck e Van Dick (1978), propuseram uma teoria de como representações na memória são estruturadas na memória de longo termo. Eles sugeriram que as estruturas da memória são construídas das experiências, como resultado da abstração do conteúdo do fato. Eles têm proposto um número de processos construindo um número de representações abstratas dos eventos: Supressão, generalização e construção. As duas primeiras, reduzem a quantidade de informação na estrutura de representação da memória, com a diferença que a primeira preserva a "essência" da história e a segunda transforma uma importante quantidade de informação detalhada, em algo concreto.

7.5.- Conclusão.

Podemos dizer que a resolução de problemas é uma série de fatos nos quais os seres humanos utilizam princípios para atingir um objetivo. Isto é certo, mas não abrange toda a verdade. Quando a solução do problema é alcançada, alguma coisa é sempre aprendida, no sentido que a capacidade do indivíduo se modificou mais ou menos permanentemente. O que resulta que a resolução de problemas é um princípio de ordem superior, que daí por diante, se torna parte do cabedal do indivíduo. Assim, quando a pessoa enfrenta novamente o mesmo tipo de situação, obtém respostas com muito maior facilidade por meio da evocação e não mais a encara como um problema. A resolução de problemas, portanto, deve ser considerada em caráter definitivo como uma das formas de aprendizagem.

CAPÍTULO VIII

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS.

Através dos diversos modelos descritos, comprova-se que a contribuição da informática e da I.A. à ergonomia cognitiva é muito variada.

Poderíamos resumir em três estas contribuições:

- 1) Contribuições conceituais de caráter geral;
- 2) Contribuições técnicas;
- 3) Contribuições conceituais de caráter específico.

As contribuições conceituais de caráter geral, referem-se à noção de informação e, sobretudo, à interpretação e tratamento da informação. Neste sentido, o homem pode ser considerado como um dispositivo de tratamento e armazenamento de informação, sendo que esta atividade é denominada cognição.

Os modelos de tratamento de informação descritos, proporcionam um marco fundamental para a análise do funcionamento cognitivo; permitem definir processos de troca no estado da informação disponível, dentro da realização de uma atividade.

Na formulação que se apresentou, os psicólogos familiarizados com as noções de categorização e de arborecência vêem que o termo "dispositivo" se encontra encaixado ao mesmo tempo no ser "humano" e na "máquina". Mas, em tais dispositivos existem diferenças; por exemplo, uns são naturais e outros, artificiais; al-

guns funcionam essencialmente a partir de uma neuroquímica baseada no carbono e outros (até o presente momento) usam sobretudo silício. Além disso, uns têm sido programados mediante a herança genética, a aprendizagem e o meio ambiente social, e outros são programados, atualmente, pelos engenheiros de sistemas.

A segunda contribuição, refere-se às técnicas que são proporcionadas pela I.A. e cujo uso pode ser variado. Trata-se de sistemas de produção, de sistemas especialistas ou de programas de reconhecimento de voz..etc.

Finalmente, a terceira contribuição, corresponde aos conceitos específicos, próprios da I.A., que a psicologia cognitiva leva em consideração (por exemplo, as estruturas do conhecimento, hierarquia, conceitos de ordem..etc.).

No âmbito do conhecimento, as contribuições, são do mesmo gênero: importantes, mas capazes de provocar falsas interpretações. Por isso, o importante, é a **estrutura** das configurações representativas; esta estrutura é a que veicula a informação e permite tratá-la. Da mesma forma, é importante, a correspondência existente entre estas estruturas e a estrutura do universo ou das partes dos mesmos. Tal correspondência é a que possibilita a existência do conhecimento, quer dizer, de representações reais.

O uso dos esquemas nos tem permitido formalizar ao mesmo tempo os conhecimentos e sua modalidade de utilização na atividade de compreensão e de solução de problemas. Uma vantagem mostrada, com relação às regras de produção, consiste em explicar os conhecimentos e sua forma de ativação.

O processo de resolução de problemas desenvolvido pelo homem pode ser resumido da seguinte forma:

==> Pesquisa e estruturação da solução: Os conceitos estão armazenados em certos níveis, na medida em que um conceito de certa ordem pode ser um elemento constituinte de um conceito de ordem superior:

a) A busca de informações e de regras úteis.

Aqui, os estímulos característicos da tarefa e as informações que são fornecidas faz com que o sujeito seja levado a selecionar certos conceitos e certas regras, que serão retidos para elaborar a solução e afastar conceitos e regras não pertinentes.

b) A representação e a estrutura da solução.

Aqui, desenvolve-se a construção ou representação de um ou vários grupos conceituais, ou seja, a composição correta de conceitos e regras selecionadas.

c) Execução, controle e verificação da solução.

Quando é estruturado o problema, o grupo conceitual apresenta-se simultaneamente como um modelo mental e um programa de ação. Ele pré-figura a solução e o conjunto de operações.

Também é muito importante considerar as aprendizagens anteriores do sujeito, isto é, as estruturas conceituais anteriormente adquiridas e, de maneira mais ampla, o grau de desenvolvimento de seu sistema conceitual (Turquin, 1970).

==> Estratégias e decisão.

No centro da elaboração de uma estratégia situam-se as decisões do sujeito, ou seja, um conjunto de escolhas e recursos fundamentados simultaneamente em conhecimentos, preferências e cálculos.

Os cálculos do sujeito são de diversos aspectos. Assumem a forma de hipóteses, de inferências, de previsões, de prognósticos, que dependem da situação, dos conhecimentos adquiridos e da

sua preferência.

Assim sendo, em toda procura de solução, o sujeito deve construir uma representação mental da situação do problema. Esta pode ser definida como uma rede de relações, que o sujeito estabelece entre alguns dos elementos da situação do problema. Tal rede pode ser mais ou menos complexa, dependendo do sujeito que distingue entre as variantes de uma determinada situação de problema ou assimile uma mesma situação, a partir de diferentes pontos de vista.

Todo processo de resolução de problemas pode ser considerado como uma inserção dentro do espaço do problema (conjunto de estados possíveis e operações que permitem transformar um estado em outro estado). Portanto, um estado do espaço de problema, constitui uma representação possível, de uma determinada situação num determinado momento da solução.

No caso da geração de modelos, do processo de solução de problemas, a parte **ação** de uma regra de produção descreve em geral um ou uma série de execuções de dados, e a parte **condição** descreve as condições nas quais pode-se realizar essa execução. Assim, as condições de aplicação de uma regra de produção constitui numa descrição parcial de um estado do espaço do problema. Em outras palavras, a parte condição das regras de produção permite explicar a teoria ao engenheiro de conhecimento na maneira como a pessoa representa o estado do problema.

Por isso, a teoria de análise de meios e fins, proposta por Simon e Newell (1959) - propõe que a representação de um problema qualquer seja como uma estrutura hierarquizada com todos os estados de espaços possíveis - pode ser usada na representação do conhecimento especializado para formalizar um sistema especialista.

Assim, a análise a realizar será, profundo, abrangente e sua procura de solução será exaustiva já que usa o "teste de progresso", teste que demonstra que se está chegando mais perto da solução. Desta maneira, os sistemas especialistas, se tornaram mais consistentes em todo seu contexto e não refletiram uma simples relação insumo-produto.

Assim sendo, a partir do estudo realizado, pode-se concluir que é totalmente possível modelar e simular o conhecimento humano, permitindo o desenvolvimento de sistemas especialistas que não reflitam apenas uma simples relação insumo-produto (SE --> ENTXO), mas sim todos os estados do espaço possíveis, da representação do conhecimento.

Por outro lado, fica evidente a importância da análise ergonômica do trabalho mental, para a aquisição da "EXPERTISE" de um "EXPERT", em vista do desenvolvimento de um sistema especialista.

Emfim, o presente trabalho de dissertação de mestrado abre, do ponto vista teórico, uma perspectiva concreta para o desenvolvimento de uma série de pesquisas, tanto no campo da ergonomia cognitiva, quanto da inteligência artificial:

- * Pesquisas sobre a resolução de Problemas;

- * Pesquisas sobre os diálogos homem-homem e homem-computador;

- * Pesquisas sobre as atividades de concepção, tanto de produtos quanto de "SOFTWARES";

- * Pesquisas sobre a transferência dos métodos e dos conhecimentos da ergonomia cognitiva para a concepção de interfaces "Inteligentes" entre o operador humano e os sistemas complexos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

[ATK68] Atkinson, R.C., Shiffrin, R.M., Human Memory: A proposed system and its control processes, em K.M. Spence e J.T. Spence (dirs.), The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory. Academic Press, vol.2, New York, 1968.

[AND73] Anderson, J.R., Bower, G., Human associative Memory, Winston & Sons, Washintgton, 1973.

[AND76] Anderson, J.R., Language, memory and Thought, Erlbaum, Hillsdale, New York, 1976.

[AND81] Anderson, J.R., Cognitive skills and their acquisition, Erlbaum, Hillsdale, New York, 1981.

[AND83] Anderson, J.R., The architecture of cognition, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1983.

[AUS68] Ausubel D.P., Educational psychology: A cognitive view, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1968.

[BAJ74] Barclay, J.R., Reid, M., Characteristics of memory representation of sentence sets describing linear arrays, Jornal of verbal learning and verbal behavior, 13:133-137, 1974.

[BRO83] Brooks, R., Toward a theory of the comprehension of computer programs, International journal of man-machines studies, 18(6):543-544, 1983.

[BRF72] Bransford, J.D., Franks, J.J., The abstraction of linguistic ideas: a Review, Cognition, 1: 211-249, 1972.

[BRJ72] Bransford, J.D., Johnson, M.K., Contextual prerequisites of understanding: Some investigation of comprehension and recall, Journal of verbal learning and verbal behavior, 11: 717-726, 1972.

[BRA76] Bransford, J.D., M.C. Carrell, N.S., Nitsch, K.E., Contexte, compréhension et flexibilité sémantique: quelques indications théoriques et méthodologiques, em S. Ehrlich e E. Tulving (dirs.) La mémoire sémantique, Bulletin de psychologie, num especial, 335-344, 1976.

[BRO82] Brouillet, D., Mémoire et langage, Langage et société, 21:47-80, 1982.

[CMW85] Cauzinille-Marmeche, E., Mathieu, J., Weil-Barais, A., Raisonement analogique et résolution de probleme, L'année psychologique, 85:49-72, 1985.

[CMD85] Cauzinille-Marmeche, E., Mathieu, J., Dujardin, C., Processus cognitifs d'acquisition de connaissances, Cognitiva 85, Paris, 4-7, Jun., 1985.

[CRA72] Craik, F.I.M., Lockhart, R.S., Level of processing: A framework for memory research, Journal of verbal learning and verbal behavior, 11:671-684, 1972.

[CRA76] Craik, F.I.M., La profondeur de traitement comme prédicteur des performances de la mémoire, em S Ehrlich e T. Tulving (dirs.), La mémoire sémantique, Bulletin de Psychologie, núm. especial, 133-141, 1976.

- [COL75] Collins, A.M., Loftus, E.F., A spreading activation theory of semantic processing, Psychological review, 82:407-428, 1975.
- [CO72a] Collins, A.M., Quillian, M.R., How to make a language user, em E. Tulving e W. Donaldson (dirs.), Organization and Memory, Academic Press, New York, 1972a.
- [CO72b] Collins, A.M., Quillian, M.R., Experimentts on semantic memory and language comprehension, em L.W. Gregg (dir.), Cognition in learning and memory, Wiley and Sons, New York, 1972b.
- [COH77] Cohen, G., "Problem Solving" em The Psychology of Cognitive, Academic Press, New York, p.46-71, 1977.
- [DBG77] Durdin, B.M., Becker, C.A., Gould J.D., Data organization, Human factor, 19: 1-14, 1977.
- [EHR75] Ehrlich Stephane, Aprendizagem e memórias humanas, editores Zahar, Rio de Janeiro, 1975.
- [ESC84] Escrabajal, M.C., Kayser, D., Nguyen-Xuan, A., Poitrenaud, S., Richard, J., Compréhension et résolution de problèmes arithmétiques additifs, em Les Mondes de Raisonnement, Actas do Coloquio de ACR, Orsay, p.159-187., 1984.
- [FIL68] Fillmore, C.J., The case for case, em E. Bach e R.T. Harms (dirs.), Universal linguistic Theory, Holt, New York, 1968.
- [FEI83] Feijo, Ivar., Como funciona a mente humana, Ed. Pan, Curitiba, 1983.
- [GAG74] Gagné, R., Como se realiza a aprendizagem, Libros técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, 1974.
- [GAS83] Garrod, S., Sanford, A., Topic dependent effect in language processing em G.B. Flores d'Arcais, R.J. Jarvella, The process of language comprehension, Wiley, New York, 1983.
- [GUY85] Guyton, Artur., Fisiologia humana. Interamericana, U.F.R.J., 1985.
- [GRA83] Graça, Caldas., A lenta disputa entre o cérebro humano e o eletrônico, INFO, São Paulo, 1(6):30-35, 1983.
- [GLH75] Glass, A.L., Holyoak, K.J., Alternative conceptions of semantic theory, Cognition, 4:313-339, 1975.
- [HA84a] Hayes, Roth. Knowledge-Based Expert systems: A Tutorial, Computer, 17(9):11-28, Set., 1984.
- [HA84b] Hayes, Roth. Knowledge-Based Expert systems., Computer, 17(10):263-273, Oct., 1984.
- [HEI80] Heinen, J.R.K., Psychological theory: Evaluation and speculations, The journal of Psychology, 106:287-301, 1980.
- [HOC79] Hoc, J.M., Le problème de la planification dans la construction d'un programme informatique, Le travail humain, 42:245-260, 1979.

- [HOC77] Hoc, J.M., Role of mental representation in learning a programming language, International journal of man-machines studies, 9:87-105, 1977.
- [IZQ88] Izquierdo, Ivan., Organização, consolidação, construção e reconstrução da memória, Ed. Universidade Federal de Rio de Janeiro, 1988.
- [JUO76] Juola, J.F., Mc Farland, C.E., Kellas, G., Processus constitutifs de la catégorisation conceptuelle, Bulletin de psychologie, 76-84, 1976, núm. especial: La mémoire sémantique.
- [KAH86] Kahney, H., Problem solving: A cognitive approach, The open University, Philadelphia, 1986.
- [KIN74] Kintsch, W., The representation of meaning in memory, Erlbaum, Hillsdale, New York, 1974.
- [KIN78] Kintsch, W., Van Dijk, T., Towards a models of text comprehension and production, Psychological Review, 85:363-394, 1978.
- [KIN84] Kinnucam, Paul., Computers that think like expert. High Tecnology, :30-42, Jan., 1984.
- [KON88] Konner Melvin, As máquinas podem pensar como homens?, Diálogo, 21(2):9-12, 1988.
- [LAR81] Larking, J.H. Enriching formal knowledge: A model for learning to solve textbood physics problems, em Cognitive skills and their acquisition, Anderson, New York, 1981.
- [LEN82] Lenat, Douglas, The nature of heuristic, Artificial Intelligence, 19(2):185-249, 1982.
- [LIN87] Lins de Carvalho, R., Engenharia de conhecimento e sistemas especialistas, Kapelus S.A., Argentina, 1987.
- [LAU82] Laurière, J.L. La représentation des connaissances dans les systeme - experts, Technique et science informatique, 1:9-30, 1982, 2:109-133, 1982.
- [LAU86] Laurière, J.L., Le dossier actuel de l'intelligence artificielle: Sciences de l'intelligence et sciences de l'artificiel, Presses Universitaires de Lyon, Lyon, 1986.
- [LAU86] Laurière, J.L., Snark, un moteur d'inférence pour systèmes experts en logique du 1^{er} ordre, Technique et science informatique, 1986.
- [MAY76] Mayer, R., Comprehension as affected by structure of problem representation, Memory and Cognition, 4(3): 249-255, 1976.
- [MEY73] Heyer, D.E., Correlated operations in searching stored semantic categories, Journal of experimental psychology, 99:124-133, 1973.
- [MEY75] Meyer, D.E., Long-term memory retrieval during the comprehension of affirmative and negative sentences, em R.A. Kennedy and A.L. Wilkes (dirs), Studies en long-term memory, Wiley, Londres, 1975.
- [MCB80] Mc Closkey, H.E., Bigler, K., Focused memory search in fact retrieval, Memory and Cognition, 8(3):253-264, 1980.

- [MDK78] Mc Farland, C.E., Duncam, E.M., Kellas, G., Isdating the typicality effect in semantic memory, Quarterly Journal of experimental psychology, 30:251-262, 1978.
- [MEY70] Meyer, D.E., On the representation and retrieval of stored semantic information, Cognitive Psychology, 1:242-300, 1970.
- [MIL81] Miller, G.A., Trends and debates in cognitive psychology, Cognition, 10:215-225. 1981.
- [MIN75] Minsky, M.K., A framework for representing knowledge, em P. Winston (dir.) The psychology of computer vision, Mc Graw Hill, New York, 1975.
- [MBF77] Morris, C.D., Bransford, J.D., Franks, J., Levels of processing versus transfer appropriate processing,, Journal of verbal learning and verbal behavior, 16:519-533, 1977.
- [MON74] Moore, B.C.J., Newell, A., How can Merlin understand ?, em L.M. Gregg (dir.) knowledge and cognition, Erlbaum, Potomac, p.201-252, 1974.
- [MCC76] Mc Carrel, N.S., Bransford, J.D., Johnson, M.K. Problem solving components of comprehension, declarado por Bransford e outros autores em Bulletin de Psychologie, núm. especial: La mémoire sémantique, 1976.
- [NEW80] Newell, A., Physical simbol systems, Conferência sobre ciência cognitiva, Agosto, 1979, La Jolla 1980.
- [NES61] Newell, A., Simon, H.A., Computer simulation of human thinking, Science, 134:2011-2017, 1961.
- [NSS58] Newell, A, Shaw, J.C., Simon, H.A., Elements of a theory of human problem solving, Psychological review, 65:151-166, 1958.
- [NGX82] Nguyen-Xuan, A., Le système de production, Revue française de pédagogie, 60:31-41,1982.
- [NOR75] Norman, D.A., Rumelhart, D.E., Exploration in cognition,Freeman, San francisco, 1975.
- [PIA74] Piaget, J., La prise de conscience, Presses universitaires de frances, Paris, 1974.
- [PIG84] Piganiol, C., L'ergonomie du logiciel, L'informatique professionnelle, 22:103-114, 1984.
- [PFR87] Pfromn Netto, S., Psicologia da aprendizagem e do ensino,Ed. U. de São Paulo, 1987.
- [PYL80] Pylyshyn, Z.W., Computation and cognition, issues in the foundations of cognitive science, The behavioral and brain sciences, 3:111-169, 1980.
- [RIC88] Rich, E. Inteligência Artificial, Mc Graw-Hill, São Paulo, 1898.
- [RIC83] Richard, Jean, F. Logique du fonctionnement et logique de l'utilisation, Institut National de Recherche em Informatique et em Automatique, Rapport de Recherche N-202, Abr, 1983.

- [RIN83] Ringle, M., Psychological studies and artificial intelligence, The I.A. magazine, 4(1):37-43, 1983.
- [ROU67] Rouanet, H., Les modèles stochastiques d'apprentissage, Gauthier-Villars e Mouton, Paris, 1967.
- [ROS82] Rostlinger, Annie., Problem Analysis: A methodological outline. Syllab Wap, 5th. Scandinavian Research Seminar on Systemeering, 59:1-15, Ago., 1982.
- [SAS77] Saserdoti, E.D., A estrutura for plans and behavior, Elsevier, New York, 1977.
- [SCH80] Schank, R.C., Language and memory, Cognitive science, 4:243-284, 1980.
- [SCH82] Schank, R.C., Dynamic memory: A theory of reminding and learning in computers and people, Cambridge University Press, Cambridge, 1982.
- [SCA77] Schank, R.C., Albelson, R.P., Scripts, plans, goals and understanding, Erlbaum, Hillsdale, New York, 1977.
- [SCH71] Schwartz, S.M., Modes of representation and problem solving. Well evolved is half solved, Journal of experimental psychology, 91:347-350, 1971.
- [SIM78] Simon, H., "Information-Processing: Theory of human problem solving" em The human information theory, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, p. 271-95, 1978.
- [SIM79] Simon, H.A., The sciences of artificial, M.I.T. Press, Cambridge (Mass.) 1969; vers. cast. Las ciencias de lo artificial, Asesoria técnica de edições, Barcelona, 1979.
- [SI79a] Simon, H., Information Processing: Models of Cognition, Review Psychology, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania, (30):363-96, 1979a.
- [SIM72] Simon, H., Newell, A., Human problem solving, Prentice-Hall Inc., New Jersey, 1972.
- [SIM88] Simon, G.L., Introdução à inteligência artificial, Clássica editora. São Paulo, 1988.
- [SEB82] Soloway, E. Ehrlich, K., Bonar, J. Greenspan, J., What do novices know about programming ?, em A. Badre e B. Shneiderman (dirs.), Direction in human computer interactions, Ablex, Norwood, New York, p.27-54, 1982.
- [TIB84] Tiberghien, G., Just how does ecphory work ?, The behavioral and brain sciences, 7:255-256, 1984.
- [VAB80] Vanlehn, K., Brown, J.S., Planning nets: A representation for formalizing analogies and semantic models of procedural skills, em R.E. Snow, P.A. Fredenco e W.E. Montague (dirs.), Aptitude, learning and instruction, Erlbaum, Hillsdale, New York, 1980.
- [VAI84] Vaina, L., Towards a computacional theory of semantic memory, em L. Vaina, J. Hintikka, Cognitive constraints on communication: representations and process, Reidel, Dordrecht, 1984.

[VER82] Vergnaud, G., Cognitive and developmental psychology and research in mathematic education: Some theoretical and methodological issues, For the learning of mathematics, 3:31-41, 1982.

[VIR85] Virgil, C.,N., Expert systems and fuzzy systems, The Benjamin/Cumming Publishing Company, Inc. California, 1985.

[WIL75] Wiley, J. Memory and attention: An introduction to human information processing, em Norman, D., El procesamiento de la información en el hombre. Paidós, Buenos Aires, 1973.

[WIN75] Winograd, T., Frame representation and the declarative/procedural controversy, em D.G. Bobrow e A. Collins (dirs.), Representations and understanding: Studies in cognitive science, Academic Press, New York, p.185-210, 1975.

[WIN78] Winograd, T., A framework for understanding, em P.A. Carpenter and M.A. Just (dirs.), Cognitive processes in comprehension, Erlbaum, Hillsdale, New York, 1978.

[WIN82] Winograd, T., Des machines savantes mais incultes, Sciences et vie, núm. especial: La science des robot, Mar, 1982.

[WIP75] Winston, P., The psychology of computer vision, Mc Graw-Hill, New York, 1975.

ANEXO-1

FUNCIONAMENTO DO SISTEMA ACT (segundo Anderson, 1983).

=> O objetivo dos trabalhos desenvolvidos por Anderson é o de fornecer um quadro geral para a simulação de diversos tipos de atividades cognitivas; estes trabalhos se apoiam sobre uma concepção unitária da cognição humana: Para ele o conjunto dos processos cognitivos (memória, linguagem, resolução de problemas, indução...) se baseiam sobre um sistema sub-jacente único. Mais precisamente a teoria ACT, proposta por Anderson, se baseia no postulado da existência de um nível de descrição dos processos cognitivos humanos, a "arquitetura cognitiva", que apresenta as seguintes características fundamentais:

(1) Todos os indivíduos adultos possuem a mesma arquitetura cognitiva;

(2) Esta arquitetura é permanente, ainda que os programas que "rodam" nela, sejam susceptíveis de modificações do fato da aprendizagem.

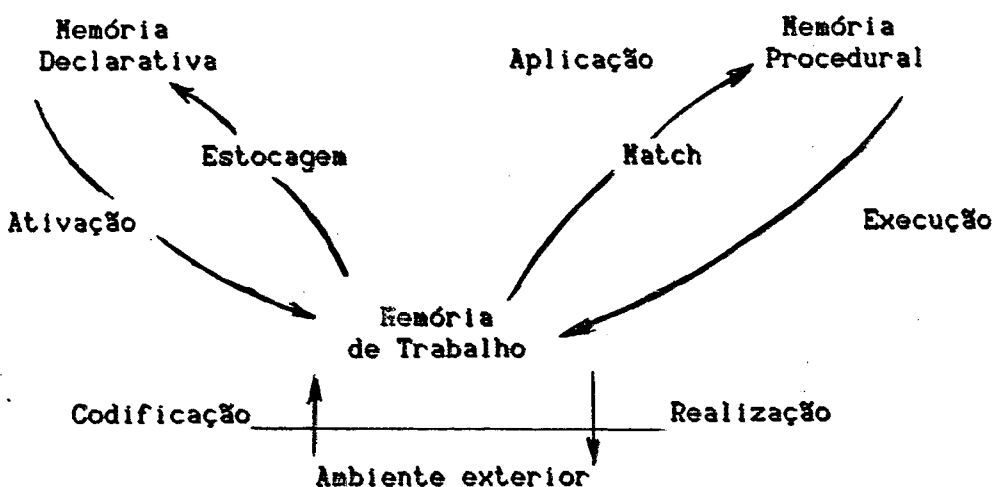


fig.-1 Estrutura fundamental do sistema ACT (segundo Anderson, 1983).

==> A memória procedural contém o conjunto dos conhecimentos procedurais expressos sob a forma de regras de produção:

(SE (condição) ==> ENTÃO (ação)).

==> A memória declarativa contém o conjunto dos conhecimentos declarativos que podem ser decompostos numa hierarquia de unidades cognitivas (proposição, cadeia de caracteres, imagem espacial), cada uma destas unidades é constituída de 5 elementos ao máximo, que são ligados por uma relação específica.

==> A memória de trabalho contém o conjunto das informações, acessíveis num determinado momento, para tratamento pelo sistema. Estas informações provenientes do ambiente exterior, da memória descritiva, e podem igualmente serem resultados intermediários, gerados pela execução de regras de produção.

==> O processo de codificação transmite as informações vindo do ambiente exterior à memória de trabalho.

==> O processo de estocagem pode colocar na memória declarativa o conteúdo da memória de trabalho, e colocar em dia as informações já estocadas.

==> O processo de ativação vai procurar a informação estocada na memória declarativa.

==> O processo de "matching" compara a parte condições de regras de produção com os dados presentes na memória de trabalho.

==> O processo de execução coloca a parte ações das regras de produção, que foram filtradas pelo processo de PATTERN-MATCHING.

==> O processo de realização converte as ordens de ações, presentes na memória de trabalho, em comportamentos.

==> O processo de aplicação fecha sobre a memória procedural, de sorte que as novas regras de produção possam ser adquiridas, a partir do tratamento do histórico de aplicação das regras de produção existentes.

ACT explora a noção de sistema de produção, que se encontra nos sistemas especialistas a base de regras.

Segundo esta abordagem a estrutura sub-jacente aos processos cognitivos pode ser descrita sob a forma de um conjunto de pares de condições/ações (regras de produção) ligado a uma memória de trabalho.

ACT utiliza dois outros registros de memória: uma memória declarativa (representada sob a forma de rede semântica) e uma memória procedural (conhecimentos representados sob a forma de regras), capaz de assimilar automaticamente novas regras de produção.

A fim de simular uma atividade cognitiva particular (demonstração de teoremas, programação informática, linguagem), esta arquitetura cognitiva deve dispor de um programa adequado; deve então, adquirir conhecimentos específicos.

O mecanismo de aquisição utilizado ACT comporta duas etapas principais:

- * Tradução sob a forma procedural dos dados que foram, num primeiro tempo, codificados sob forma declarativa (mecanismo de proceduralização dos conhecimentos).

- * Otimização dos conhecimentos procedurais.

EXEMPLO DE RESOLUCAO DE PROBLEMAS

APRESENTAÇÃO E INICIALIZAÇÃO DA OBTENÇÃO DE UMA SOLUÇÃO DO PROBLEMA.

Mostremos um típico exemplo de transformação de problema - O problema das Torres de Hanói. Para resolução do problema são necessárias a realização de movimentos os quais transformam um estado do problema em outro.

O problema das Torres de Hanói, começa com três aros de diferentes tamanhos - um aro pequeno (sss), um aro médio (mmmm), e um aro grande (lllll), em que estão colocados como uma pirâmide, sobre o pino A. Sua tarefa é mover todos os aros para o pino B, num menor número de movimentos (veja fig.-1).

Situação inicial:



Objetivo da Situação:



figura.-1

Sua solução esta sujeita as seguintes restrições:

- * Você pode somente mover um aro de cada vez.
- * Você não pode colocar um aro maior sobre um aro menor.

Uma pergunta que nós poderíamos fazer é, qual é o mínimo número de passos necessários para resolver o problema das torres de Hanói ?

Se observamos a fig.-4 podemos verificar que um mínimo de sete movimentos são necessários para resolver o problema. Os movimentos necessários para passar os três aros do pino A para o pino B, atendendo as restrições são:

- * Aro pequeno do pino A para o pino B.
- * Aro médio do pino A para o pino C.
- * Aro pequeno do pino B para o pino C.
- * Aro grande do pino A para o pino B.
- * Aro pequeno do pino C para o pino A.
- * Aro médio do pino C para o pino B.
- * Aro pequeno do pino A para o pino B.

Um Problema bem definido.

Num problema bem definido, que é, um problema bem estruturado, a pessoa que vai resolvê-lo deve estar provida de toda a informação necessária para fazê-lo. Em problemas bem definidos esta pessoa deve estar provida com quatro diferentes espécies de informações.

- * Informação acerca do estado inicial do problema;
- * Informação acerca do estado objetivo;
- * Informação acerca dos operadores legais (coisas que são permitidas a resolver o problema);
- * Informação acerca das restrições dos operadores.

Ilustremos a notação no problema das torres de Hanói. A informação dada é a seguinte:

1. - *Estado Inicial.* - No problema das torres de Hanói o estado inicial é o conjunto de aros de diferentes tamanhos colocados numa maneira particular sobre o pino A, com um pino vazio B ao lado direito de A e outro pino vazio C, no extremo direito.

2. - *O estado objetivo.* - O estado objetivo é obtido quando o conjunto de diferentes aros são colocados no pino B, com o aro pequeno encima, o aro grande em baixo, e o aro médio entre os dois.

3. - *Operadores.* - Só um operador é explicitamente mencionado nas declarações do problema - o operador " mover ". O operador admite à pessoa, que vai resolver o problema, mover aros de um prego a outro.

4.- *restrições do operador.* - Ali estão três restrições colocadas no uso do operador "mover":

- * O operador admite a mover só um aro de cada vez;
- * O operador não admite a colocar um aro grande encima de um aro pequeno.
- * O operador não admite colocar um aro em qualquer parte salvo num dos três pinos.

ANALISE DOS ESTADOS DO ESPAÇO.

Esta ferramenta é particularmente importante por que nos dá uma representação geral da estrutura do problema. Nos veremos que dois problemas podem ser completamente diferentes " numa superfície", mas que eles têm de fato a mesma estrutura do problema geral - e que como resultado ele também têm a mesma solução. Interessantemente, quando a determinadas pessoas são dados problemas tendo idênticas estruturas gerais mas com diferentes "descrições", elas frequentemente falham na análise do relacionamento existente entre os problemas. Neste caso, mesmo a pessoa conhecendo a solução para um problema, não conseguirá resolver facilmente o segundo problema .

Analizando a estrutura do problema.

Usando somente regras do problema e fazendo uma análise do estado geral do espaço, pode ser construído um diagrama que contém informações completas sobre a resolução do problema. Para demonstrar esta noção consideremos o problema das torres de Hanói.

Dadas as regras do jogo (só um aro pode ser movido de cada vez, e um aro maior não pode ser colocado encima de um menor) ali existem dois possíveis movimentos legais do estado-1: mover o aro pequeno do pino-A para o pino-B ou pino-C (veja fig.-2).

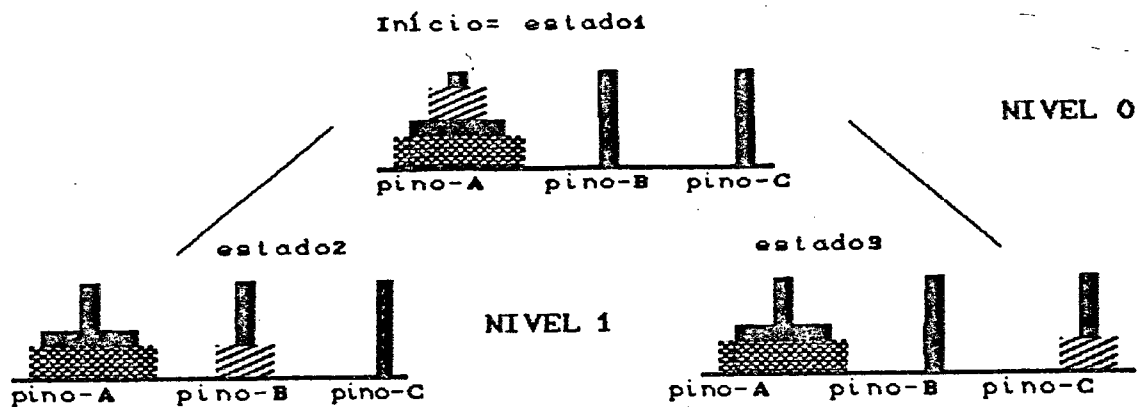


figura.-2

A figura.-2 mostra o estado resultante do problema de fazer cada um desses dois movimentos, que é, estado-2 ou estado-3. A linha unindo estado-1 com estado-2 e estado-1 com estado-3 mostra a aplicação do operador "mover" ("mover aro pequeno do pino-A a pino-B e assim) o qual transforma um estado do problema em outro estado do problema. Nós poderíamos estender ou fazer progredir os espaços de estado da fig.-2 para um nível posterior do nível-1 (veja fig.-3).

O estado-2 do problema, conforme a regra, possibilita três movimentos. Primeiro o aro pequeno vai ser movido para trás, para a posição original no pino-A, o qual é equivalente a invalidar o movimento original (primeiro movimento o aro pequeno do pino-A ao pino-C e então mover do pino-C para trás ao pino-A). Este movimento vai resultar em retornar ao estado-1. Segundamente, o aro pequeno vai ser movido para o pino-B, o qual vai transformar o estado-2 em estado-3. Finalmente, o aro de tamanho médio vai ser levado para outro estado do problema, estado-4. Na figura-4, cada um destes movimentos é indicado por uma das linhas brotando do estado-2 do problema. A linha ligando um estado com outro indica os movimentos possíveis entre estados do problema.

Assim, nós vamos do estado-1 para estado-2 (aro pequeno do pino-A para o pino-C) para estado-4 (aro de tamanho médio do pino-A para o pino-B) e para trás ao estado-2 (aro de tamanho

médio do pino-B ao pino-A) e então ao estado-3 (aro pequeno do pino-C ao pino-B) no estado do espaço que têm sido desenvolvido até aqui. Na fig.-4 se mostra o desenvolvimento total dos estados de espaço no problema das torres de Hanói.

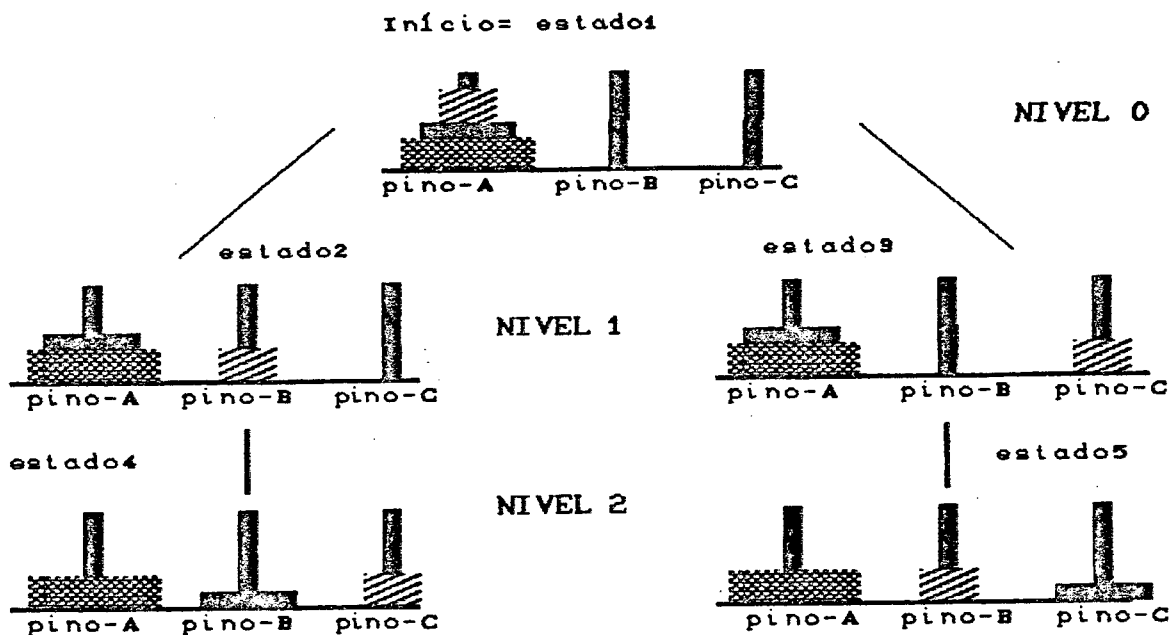


figura.-3

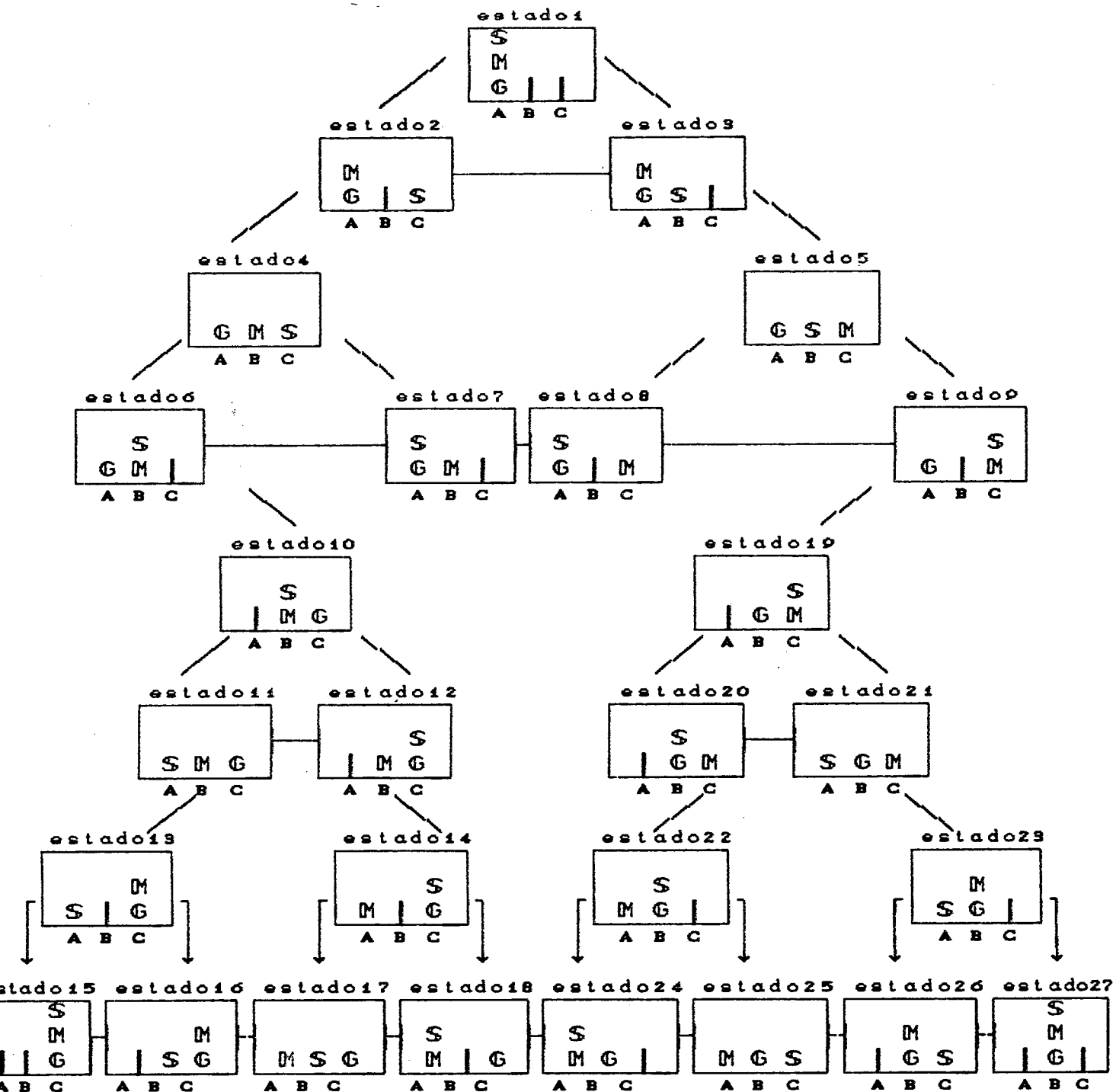


figura. -4

EXEMPLO DE RESOLUCAO DE PROBLEMAS POR ANALOGIA

1.- Transferência de efeito em Resolução de Problemas.

Um número de perguntas têm sido feito sobre o comportamento de pessoas que resolvem problemas por analogia, e em particular seu comportamento nestes problemas, que possuem a mesma estrutura básica, mas talvez tenha histórias diferentes.

Veamos duas questões que são de importância:

* Experiência num problema dado facilita às pessoas a resolverem novos problemas, os quais são isomorfos (ou quase) ao problema original (transferência positiva)?.

* Como diferentes espécies de instruções da tarefa afetam o tempo de resolução e movem as pessoas a escolherem o que fazer através de um estado de espaço ?

A tarefa usada (Reed, Ernest e Banerji - 1974) [KAN86], para resolver a primeira questão, foi usar o problema dos Missionários e Canibais e, o problema dos Maridos ciumentos. Os problemas foram descritos da seguinte maneira:

Três Missionários e três canibais pretendem cruzar um rio da margem esquerda a margem direita (veja fig.-1). Eles têm um barco, o qual pode transportar no máximo duas pessoas ao mesmo tempo. Todos os missionários e canibais só podem navegar no barco. Se em algum momento canibais excederem o número de missionários em cada

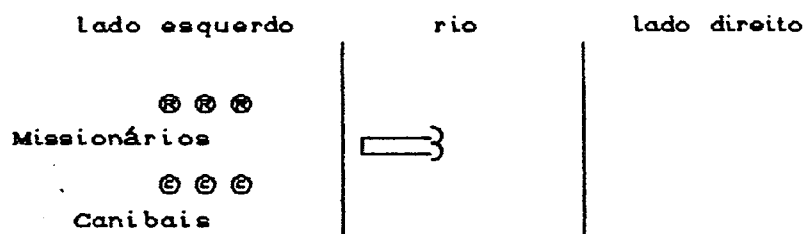


figura.-1 Representação do problema dos Missionários e Canibais.

margem do rio, os missionários vão ser comidos. Encontrar o menor número de cruzamentos que vai permitir a todos os missionários e canibais cruzarem o rio satisfatoriamente.

O diagrama de estados do espaço dos movimentos legais no problema de Missionários e Canibais é apresentado na fig.-2.

O problema pode ser resolvido em onze movimentos, mas as pessoas raramente conseguem a solução no menor número de movimentos. Isto é, por que o problema dos missionários e canibais contém um estado difícil (estado-8). É difícil porque a sequência a ser desenvolvida até o objetivo faz com que a pessoa que vai solucionar o problema tenha que mover um missionário e um canibal do lado direito da margem do rio para o lado esquerdo, o qual parece contraintuitivo porque o movimento resulta em menos missionários e canibais no lado objetivo do rio (estado-9). Poucas pessoas são dispostas a fazer este movimento. Essa situação (estado-9) é de fato quase igual a um estado prévio do problema, estado-4, no qual dois missionários e dois canibais estão no lado esquerdo do rio e um missionário e um canibal no lado direito. A diferença crucial entre estes dois estados é a posição do barco. O movimento do estado-1 do problema ao estado-4 coloca o barco no lado direito do rio, enquanto o movimento de estado-8 para o estado-9 vai deixar o barco no lado esquerdo do rio.

O problema dos maridos ciumentos envolve o movimento de três homens e suas esposas; neste caso ele é completamente análogo ao problema dos missionários e canibais. Mas, como o problema era proposto por Reed, uma restrição adicional era imposta: que os maridos fossem ciumentos e uma esposa sozinha não poderia ser deixada com um homem, salvo se seu próprio esposo estivesse presente. No problema dos missionários e canibais não se faz nenhuma diferença quais canibais e missionários são parelhados para um cruzamento de rio ou quais são deixados juntamente numa margem ou em outra. Em função das restrições concernentes aos parelhamentos de maridos e esposas, o problema dos maridos ciumentos é mais difícil do que o

problema dos missionários e canibais. Interessantemente ambos problemas, possuem a mesma estrutura básica quando só movimentos legais são considerados, mas o problema dos maridos ciumentos tem muito mais movimentos ilegais possíveis que o problema dos missionários e canibais. Problemas com uma estrutura similar mas não idêntica são chamados " *problema Homomórficos* ".

Os resultados de Reed, mostram que experiências com um problema particular, favorecem habilidades para resolver o mesmo problema outra vez, mas que esses efeitos ocorrem em certas circunstâncias para problemas análogos.

As especiais circunstâncias são:

* Que a pessoa que for resolver o problema deve primeiro reconhecer ou ser avisado do relacionamento entre problemas análogos; e

* Que o segundo problema deve ser um pouco mais simples que o primeiro. Assim, os sujeitos não melhoram seu desempenho resolvendo o problema dos missionários e canibais e em seguida o problema dos maridos ciumentos, mesmo quando o relacionamento entre eles for enfatizado. Estes são resultados surpreendentes, sugerem que quando as pessoas são deixadas por sua própria conta, elas não são muito capazes de trazer sua experiência prévia, na resolução de problemas relacionados.

ANALISE DE ESTADO DO ESPAÇO DO PROBLEMA DOS MISSIONÁRIOS E CANIBAIS

M ==> Missionários
C ==> canibais
B ==> Bote

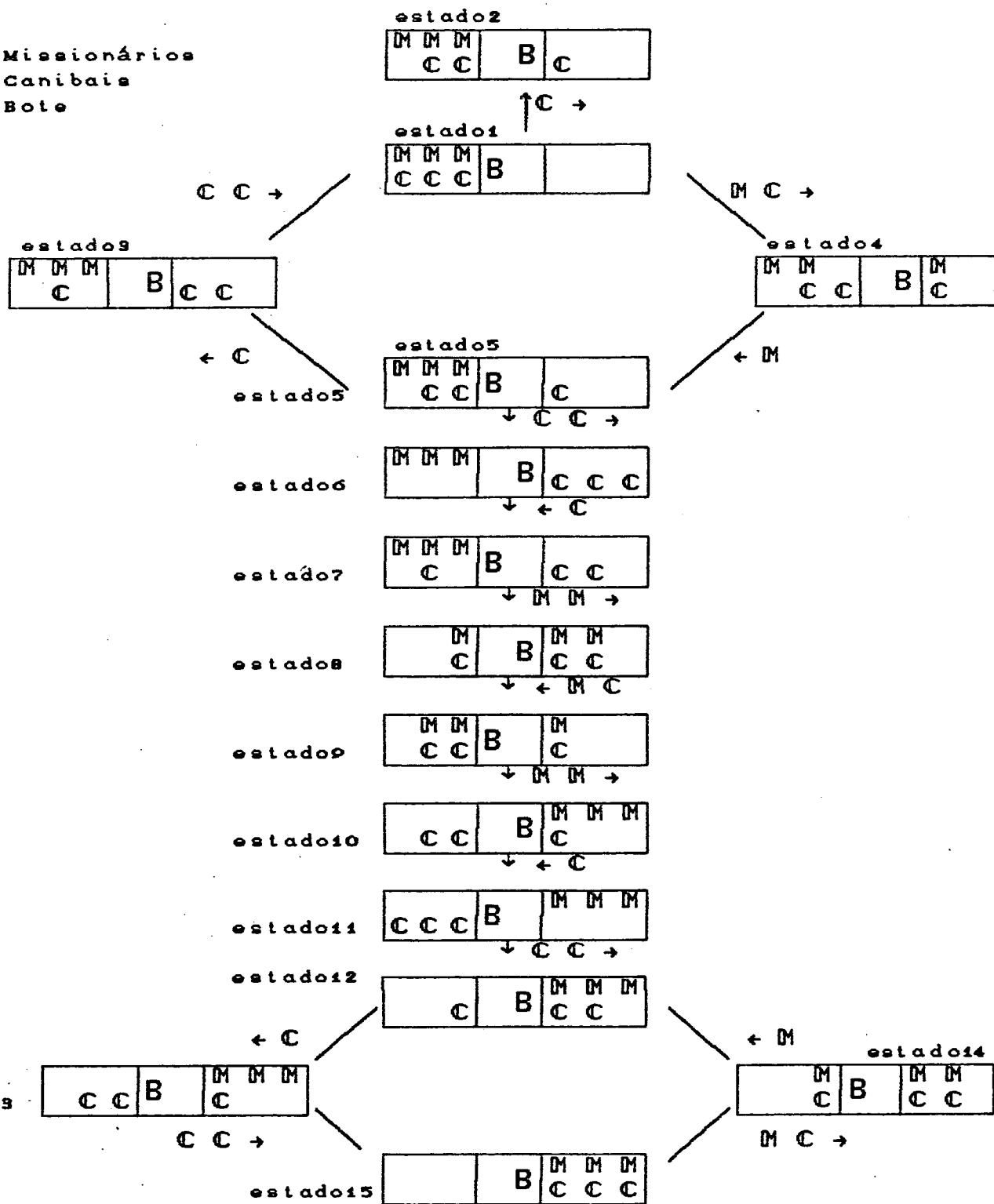


figura. -2