MARCIA REGINA BERTOLOZZI

UM ESTUDO SOBRE MEMÓRIA E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS: ENFOQUE
DAS NEUROCIÊNCIAS

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade
de São Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia.

São Paulo
2004

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Marcia Regina Bertolozzi

UM ESTUDO SOBRE MEMÓRIA E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS: ENFOQUE
DAS NEUROCIÊNCIAS

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade
de São Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração:
Ensino de Engenharia

Orientador:
Prof. Dr. Alexandre Kawano

São Paulo
2004

FICHA CATALOGRÁFICA

Bertolozzi, Márcia Regina

Um estudo sobre memória e solução de problemas: enfoque das neurociências.

São Paulo, 2004

79p.

Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
Departamento de Engenharia de Construção Civil

1. Memória 2. Solução de Problemas 3. Processos cognitivos 4. Ensino de
desenho em engenharia I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica.
Departamento de Construção Civil. II t.

Aos meus Pais, João e Maria Helena, ao *nonno* Carlo Bertolozzi, *in memoriam*, pelo
muito que me ensinaram.

Para Fábio, Andréa, Mario, Marina, Marina B., Roberto e Paulinho,
com quem muito aprendo.

AGRADECIMENTOS

Espero não esquecer ninguém que, de um modo ou de outro, me estimulou e ajudou a chegar até estas páginas. Essa relação não foi feita considerando-se qualquer “grau” de importância, mas baseou-se nas minhas memórias.

Mas, é preciso registrar um agradecimento especial aos professores do PCC, da Poli, principalmente aqueles que se dedicam à pesquisa sobre ensino em Engenharia, que muito me ensinaram: meu (mais que) orientador, Prof. Dr. Alexandre Kawano, Prof. Dr. Liang Yee Cheng, Prof. Dr. João Diego Petreche, Prof. Dr. Eduardo Toledo dos Santos.

Cada um de vocês deve saber os muitos motivos: apoio, incentivo, informações, amizade, carinho, exemplos, bate-papos, lazer, “coragem”, em muitos momentos, e especialmente como e por que uma pedagoga como eu foi parar na engenharia:

- meus irmãos José Carlos e Paulo Bertolozzi e minha irmã Dra. Eliana Bertolozzi Della Nina, o cunhado e a cunhada, Engenheiro Nelson Della Nina Filho e Ione Pasquarelli Bertolozzi e meus primos Moreno, Maria Pia e Chiara B. Coturri;
- meus grandes Amigos, “comadre e compadre” Bia e Flávio Bitelman;
- meu amigo, Prof. (quase doutor) Rovilson Mafalda;
- o amigo Dorival Siqueira;
- aos queridos amigos de tanto tempo: D. Elin Marçal; Cecília D. Gaeta, Rosita e Eduardo Rechulsky, Rejanne e Zé Motta, Jeannete e Martinho Sachs, e os “sobrinhos” Gal, Carla, Denise, Marcelo, Marina e Julia;
- Profa. Dra. Maria Isabel da S. Leme do IPUSP;
- Profa. Dra. Helena Coharic Chamlian da FEUSP;
- Profa. Dra. Claudia Scheuer da FMUSP;
- Profs. Drs. Romero Tori e Edson Gomi, da EPUSP;
- Profa. (quase doutora) Vera Mello, da Alumni;
- Dra. Flávia Foz;
- Profa. Ofélia Maria Charoux, Prof. Dr. Marcos S. Peters, Prof. James Teixeira, Prof. Fernando L. Gurgueira, Profa. Tânia Maria L. Minozzi, da FAAP;
- Fátima e Cristina, secretárias do PCC/EPUSP;
- Bibliotecárias da Civil EPUSP;
- Colegas do GEPE/LabCAD da EPUSP, que me aturaram e apoiaram: Sergio Leal, os dois Andrés, Amadeu, Simone, Luis, Brenda, Toninha e Carliza (e os que já foram: Jorge, Valéria, Ana Magda e Caroll);
- Engº Wilson, Claudete e Rafael Oshiro.

MUITO OBRIGADA !

RESUMO

Neste trabalho são apresentados fundamentos sobre as funções mentais memória e solução de problemas, do ponto de vista das Neurociências, particularmente da Psicologia Cognitiva. Seu objetivo principal é servir de introdução aos temas para professores da área de Desenho em Engenharia. Tais informações poderão ser úteis no planejamento e organização do currículo, na seleção de estratégias de ensino e no processo de avaliação de aprendizagem, ao se considerar as informações aqui contidas em situações rotineiras de sala de aula, como, por exemplo, o uso da solução de problemas como recurso de ensino.

Palavras-chave: memória, solução de problemas, cognição, aprendizagem, cérebro, ensino de desenho

ABSTRACT

In this article are presented some theoretical statements about memory and problem solving viewed as mental functions, from Neurosciences, particularly Cognitive Psychology. It's main goal is introduce the subjects to teachers of Design in Engineering to be used in their tasks of planning curricula, selecting teaching strategies and learning evaluation, related to routine daily classroom situations, considering for instance, the nature of individual differences on students performance.

Key words: memory, problem solving, cognition, learning, brain.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	i
INTRODUÇÃO.....	1
1. Aprendizagem, cognição e ensino de desenho.....	8
1.1. Aprendizagem e cognição.....	8
1.2. O ensino de desenho na EPUSP.....	9
1.3. Ensino de desenho e aptidão espacial.....	11
2. Cérebro e memórias.....	13
2.1. Cérebro, a base física das funções cognitivas.....	14
2.2. Cérebro e cognição.....	19
2.3. As células nervosas: os neurônios.....	20
2.4. Atividade neural: as sinapses e o processamento da informação.....	22
2.5. As memórias.....	25
2.5.1. Memórias de curta e longa duração.....	26
2.5.2. Áreas encefálicas de consolidação da memória.....	29
2.5.3. A memória como atividade neural.....	31
2.5.4. A memória de trabalho.....	35
2.5.5. Memórias visual e espacial.....	36
2.6. Memória, aprendizagem e solução de problemas.....	38
2.7. Seletividade, limites e diferenças individuais na memória.....	39
2.7.1. Capacidade/limites.....	40
2.7.2. Diferenças de gênero.....	42
2.8. O envelhecimento da memória.....	44
3. Solução de problemas.....	46
3.1. Bases teóricas.....	47
3.1.1. Definições de problema.....	49
3.2. Uso instrucional da solução de problemas.....	53
3.2.1. Estratégias gerais para a solução de problemas.....	57
3.3. As diferenças individuais na solução de problemas.....	58
3.4. O problema das representações espaciais.....	60

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....	67
1. Sugestões para outros estudos.....	70
2. Conclusão.....	71
REFERÊNCIAS	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Lobos e sulcos cerebrais.....	15
Figura 2.2 - Áreas de memória e estados emocionais.....	16
Figura 2.3 - Estruturas do lobo temporal envolvidas na formação de memória.....	18
Figura 2.4 - Uma das formas de neurônio.....	20
Figura 2.5 - Esquema da diferenciação das camadas do córtex.....	21
Figura 2.6 - Esquema das possíveis conexões inter-regiões cerebrais.....	22
Figura 2.7 - Sinapse.....	23
Figura 2.8 - Uma das representações dos esquemas para aquisição, consolidação e recuperação das memórias.....	27
Figura 2.9 - Representação do fluxo de informação pelo lobo temporal medial.....	30
Figura 2.10 - Esquema de consolidação da memória.....	34
Figura 2.11 - Caracterização das memórias de longo prazo e de trabalho.....	35
Figura 2.12 - Teste de atenção visual seletiva.....	37
Figura 3.1 - Torre de Hanói.....	48
Figura 3.2 - Problema dos seis palitos.....	48
Figura 3.3 - Etapas na solução de problemas propostas por Polya.....	55
Figura 3.4 - Problema para cálculo de área	56
Figura 3.5 – Escada perpétua.....	60
Figura 3.6 - Problema de vistas ortográficas.....	62
Figura 3.7 - Exercício de geometria “fácil”.....	62
Figura 3.8 - Exercício de geometria de nível médio de dificuldade.....	63
Figura 3.9 - Exercício de geometria “difícil”.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1- Programa dos 1º e 2º semestres da disciplina desenho da EPUSP.....	10
Tabela 2.1- Áreas do encéfalo e suas funções.....	17
Tabela 2.2 - Áreas corticais e especializações	17

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CES – Conselho de Educação Superior
CNE – Conselho Nacional de Educação

EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

MEC – Ministério da Educação e Cultura

MLP – memória de longo prazo

MT – memória de trabalho

PCC – Departamento de Engenharia de Construção Civil

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

SNC – Sistema Nervoso Central

INTRODUÇÃO

Neste trabalho são abordados assuntos esquecidos, ou melhor, mal lembrados, na área de ensino: a memória e a solução de problemas, enquanto funções cognitivas.

Teorias e estudos realizados pelas diversas áreas integrantes das neurociências, abordando aprendizagem, criatividade, orientação espacial, solução de problemas, tomada de decisões, memória, entre tantos outros aspectos relacionados à cognição, fornecem fundamentos relevantes para profissionais do ensino em todas as áreas e, em especial, de Desenho em Engenharia. Tais estudos contribuem para a organização de atividades de ensino e de avaliação, bem como contém informações importantes a serem consideradas na seleção de recursos instrucionais e na organização de currículos, onde a preocupação é com a aprendizagem de Geometria para o desenvolvimento da habilidade de percepção espacial.

O ensino de Desenho, nos cursos de Engenharia, é considerado por diversos pesquisadores da área, como ferramenta cognitiva importante para a formação do futuro engenheiro. Muitas das pesquisas realizadas nessa área (PETRECHE et al., 1998; CHENG et al., 1999, 2000; KAWANO e MAFALDA, 2000; SANTOS, 2000), e mesmo as diretrizes do MEC para a formação de engenheiros (MEC/CNE/CES, 2002) indicam sua relevância para o desenvolvimento da capacidade de percepção e de resolução de problemas espaciais, expressas na criação de projetos para indústrias, construção civil, construção naval para citar apenas algumas de suas implicações em projetos de Engenharia.

Em vista de sua importância, há uma preocupação por parte dos professores de Desenho em promover ensino efetivo, bem como reformulações pertinentes, quer na carga horária, quer no conteúdo ou na posição da disciplina em relação ao currículo dos primeiros anos da graduação (CHENG et al., 1999), para o desenvolvimento dessa capacidade. Paradoxalmente, entretanto, essa importância não é considerada quando se observa a posição da disciplina no currículo escolar, bem como a carga horária que lhe é destinada, apontada em outros estudos (MONTENEGRO, 1994; ALBERNAZ, 1998). Junte-se a isso a falta de interesse da maioria dos alunos, que pode ser medida, entre outros fatores, pelos resultados alcançados em exercícios e nas avaliações (provas, exames) aplicados.

Para ilustrar a situação, considerem-se os primeiros anos de graduação na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP – onde, por exemplo, numa turma de 50 alunos, os resultados de uma prova parcial abrangendo o assunto vistas ortográficas (considerado muito importante e um dos mais fáceis) apresentam pontuação média de 5, num máximo de 10 pontos. A que mais poderia ser atribuído esse desempenho baixo, além das possíveis dificuldades nas estratégias de ensino, formulação das provas, currículo, carga horária? Ou, como o conteúdo apresentado (para muitos alunos pela primeira vez) ou o tempo disponível para ensino contribui para auxiliar na resolução dos problemas de Geometria? Por que alguns alunos conseguem resolvê-los com facilidade e outros não?

As muitas pesquisas realizadas questionam e propõem metodologias, recursos, alterações no conteúdo entre tantas alternativas para resgatar a importância do ensino de Desenho, bem como para despertar o interesse dos alunos (BERTOLOZZI et al., 2001). É importante salientar que, nos níveis do ensino fundamental e médio (sem considerar os profissionalizantes), o conteúdo ensinado/aprendido sobre Desenho e Geometria fica distante no tempo (passado e futuro, quando os alunos vão para as especializações escolhidas) e nas abordagens, do que foi ensinado/aprendido no primeiro ano da graduação.

Dentre os muitos questionamentos sobre “desenho por que ou para que, como”, de ambos os lados (alunos e professores), encontra-se a crítica sobre a formação dos alunos torná-los repetidores de fórmulas decoradas, sem pensar (raciocinar) sobre o que fazem (ANJOS, 2000). Nesse tipo de crítica a “memória” no sentido simples de “recordação”, ou repetição “de cor” (decoreba, repeteco), é apresentada negativamente e não teria nenhuma participação nas aprendizagens (LIEURY, 1997; 2001).

Esse entendimento negativo da memória e do seu uso para resolver problemas que demandam uma “linha de raciocínio”, criatividade, ou a expressão de um aprendizado (no caso Geometria) alia seu significado ao de inteligência (ou falta dela) e a mantém fora das discussões sobre ensino-aprendizagem (LIEURY, 1997).

A resolução de problemas, por sua vez, sugere estratégias, como em POLYA (1995) e processos sobre a adaptação de conhecimentos adquiridos a várias situações (LEME, 2001; MAYER, 1981) para facilitar a utilização de exercícios e outras

atividades em sala de aula, e que vem sendo amplamente utilizada, principalmente no ensino de matemática, física (MEC, 1998; COSTA E MOREIRA, 2002), química e biologia (e em programas de treinamento gerencial). Tais estratégias, ou planos, independente da natureza do problema, são procedimentos que exigem, entre outros, processos mentais de raciocínio e memorização, criatividade, tomada de decisão, que agem e interagem na busca de solução, e que devem ser utilizados para se chegar ao resultado esperado (MAYER, 1981; POLYA, 1995; COSTA e MOREIRA, 2002), ainda que o participante “não tenha consciência de sua influência” (LEME, 2001, p. 529).

A resolução de problemas apóia-se em conceitos propostos pela Psicologia Cognitiva, independente das diferentes correntes/posições teóricas (LEME, 1993), relativos à significância e aquisição de conhecimentos, bem como em modelagens matemáticas e computacionais (ANDERSON, 1990; LIEURY, 2001; COSTA e MOREIRA, 2002), sendo que estas últimas não são abordadas de maneira enfática neste trabalho. Para a Psicologia Cognitiva este é um tema relevante, estudado para tentar “desvendar os processos que tornam possível ao ser humano adaptar conhecimentos adquiridos a uma outra situação (LEME, 2001, p. 521)”. Também nos PCN's - Parâmetros Curriculares Nacionais – (MEC, 2002; LEME, 2001) se depreende sua importância para a aquisição de conhecimentos, onde consta como um dos objetivos de desenvolvimento para os alunos do ensino fundamental e do ensino médio.

As abordagens propostas pelas Neurociências (que engloba várias áreas de conhecimento que têm como objetos de estudo o cérebro e as representações mentais, entre elas a Neurologia, a Biologia Molecular, a Psiquiatria, as Ciências da Computação, entre outras – BEAR et al., 2002), das quais a Psicologia Cognitiva é parte, para o entendimento de nosso encéfalo e seu funcionamento trazem contribuições importantes para a compreensão de muitos aspectos da mente e de como os seres humanos resolvem problemas de qualquer natureza, quer pela via do raciocínio lógico, ou abstração, quer pela via da intuição, ou da associação de idéias, imagens, experiências. De qualquer modo, a memória tem aí um papel referencial, de auxílio aos processos mentais envolvidos, cuja complexidade não foi ainda completamente explicada e entendida, mas que está, como se verá nos autores

apresentados, fortemente ligada à aprendizagem e a muitos outros processos cognitivos.

Devido a essa complexidade, e também ao grande volume de pesquisas especializadas realizadas sobre memória, este trabalho aborda em sua relação com resolução de problemas, de maneira descritiva e genérica, apoiando-se em trabalhos de pesquisadores das chamadas neurociências, com o propósito de ser um princípio de exploração sobre tais temas para professores de Engenharia.

As neurociências, especialmente a neurobiologia e a Psicologia Cognitiva são tomadas como base teórica devido ao seu caráter multidisciplinar, o que enriquece o trabalho pois cada área de conhecimento fornece dados que se complementam e que, isoladamente, não trariam muita informação sobre o cérebro e suas funções cognitivas. Isso também vai ao encontro de uma tendência que faz parte já há algum tempo, ao menos na Educação brasileira, de abordagens interdisciplinares (FAZENDA, 1981; MEC, 1998). Nas neurociências o objeto de estudo é o cérebro, “o sítio da mente” (DEL NERO, 1997) e seu funcionamento, onde este é tido como órgão superior e integrador, ou “interdisciplinar”.

Não se apresentam aqui explicações técnicas detalhadas sobre aspectos particulares, quer do ponto de vista físico ou psicológico da memória e resolução de problemas, devido à complexidade dos mesmos, possíveis de serem “decifradas” e apresentadas com mais propriedade por neurologistas, psiquiatras, psicólogos, biólogos e outros especialistas da área.

Tampouco serão discutidos pontos específicos sobre estratégias de ensino-aprendizagem, sucesso ou insucesso escolar, inteligência entre outros relacionados aos temas deste trabalho, envolvendo aspectos emocionais, culturais, sociais e ou econômicos, mesmo sendo estes produtos da mente humana (DEL NERO, 1997). Tais abordagens demandariam novos esforços de pesquisa sendo, por isso, objeto de outros trabalhos.

Mesmo para especialistas a complexidade da mente humana não pode ser explicada “de maneira breve e direta (pois cada função mental) pode subdividir-se em múltiplos aspectos que é preciso considerar para não cair em afirmações simplistas” (CARRETERO e MADRUGA, 1984, p. 20). Isto não significa, no entanto, ignorar ou desprezar as influências ou inter-relações entre tais aspectos,

muito menos as contribuições e importância dos estudos que os abordam. Trata-se da opção por um recorte, ainda que sob o risco da simplificação demasiada, devido à complexidade das funções e manifestações inerentes à mente humana, mas que deve ser considerado um início para a formação de uma visão crítica sobre o ato de ensinar e aprender. Daí sua abrangência, a visão geral de abordagens e as possíveis omissões de discussões afeitas aos especialistas.

Se (de maneira simplificada), aceita-se que:

- memória é a “permanência relativa de traços da experiência subjacentes à aprendizagem” (ANDERSON, 1995, p. 432);
- aprendizagem é “processo pelo qual um organismo (...) obtém conhecimento de um objeto” manifestando mudanças relativamente permanentes, como resultado da experiência (LOMÔNACO, 1984; POPPLESTONE e MCPHERSON, 1988, p. 212), conhecimento este capaz de ser repetido ou evocado ao longo do tempo;
- problema é “a constatação da existência de uma situação, contendo um objetivo a ser alcançado” (STERNBERG apud LEME, 2002) e que requer a concorrência de outras funções cognitivas, como memória, raciocínio, criatividade, planejamento, tomada de decisão (CARRETERO e MADRUGA, 1984);

pode-se afirmar que os alunos, ao final do primeiro ano, na disciplina Desenho (ao menos na EPUSP) deverão ter aprendido a resolver os problemas de Geometria apresentados e que, no futuro, deverão ser lembrados na aplicação dos conhecimentos adquiridos. Pode-se concluir ainda, que o ensino baseado na resolução de problemas, de forma contínua, pode lhes fornecer bases para o desenvolvimento de sua percepção espacial.

Objetivos do trabalho

Geral

Esta proposta é feita a título de introdução, de uma colaboração aos professores de Desenho, em Engenharia, para a compreensão da memória e sua relação com o ensino através da resolução de problemas, sem ter a pretensão de esgotar tais temas, como já foi dito, por sua complexidade e variedade de enfoques. Espera-se que seja uma contribuição para elucidar alguns de seus aspectos que

possam auxiliar os professores no planejamento de suas atividades e na seleção de recursos de ensino.

Específicos

- Explorar os conhecimentos, de maneira geral, sobre o cérebro e seu funcionamento, descrevendo aspectos ligados à memória humana.
- Descrever as referências teóricas e contribuições sobre memória e solução de problemas enquanto funções cognitivas.

Espera-se que quem leia este trabalho tenha o mesmo prazer em se aventurar por abordagens totalmente novas (como foi para a autora) para tentar descobrir, porque cada aspecto de nossa mente, por mais insignificante que possa parecer, é apenas um ponto fascinante que nos leva a querer saber mais.

Metodologia

Trata-se de um projeto temático, cuja pesquisa baseou-se em modelos teóricos das neurociências, especialmente nas abordagens de neurobiologia, neurofisiologia e Psicologia Cognitiva, coletando os fundamentos dessas áreas para os temas pesquisados: memória e solução de problemas.

Estrutura do Trabalho

A primeira parte deste trabalho procura situar o leitor na situação (descrita de forma ampla) em que se encontra o ensino de Desenho do ponto de vista da sua regulamentação, no Brasil, e da Escola Politécnica da USP.

No segundo capítulo, são apresentadas as partes do cérebro que se relacionam com as funções cognitivas, principalmente com a memória, que é explicada a partir de sua base física e sua relação com a cognição e outras funções mentais, como a solução de problemas. No terceiro capítulo o processo de solução de problemas é descrito com base nos fundamentos da Psicologia Cognitiva, a fim de possibilitar a compreensão de suas possibilidades enquanto ferramenta de ensino-aprendizagem.

Ao final são apresentam-se pontos que poderão auxiliar os profissionais de ensino na geração de idéias úteis para o uso da solução de problemas em sala de aula.

Capítulo 1

APRENDIZAGEM, COGNIÇÃO E ENSINO DE DESENHO

1.1. Aprendizagem e Cognição

Neste trabalho, para as definições sobre aprendizagem e cognição são adotados os termos comuns encontrados nas linhas da Psicologia Cognitiva, e que são adequados ao uso que se faz delas nas abordagens mais fisiológicas. Assim, tanto a aprendizagem quanto a cognição são entendidas como processos internos (HARA e KITAJIMA, 1994; LANGFIELD-SMITH, 1994), que se manifestam em comportamentos (mais no caso das aprendizagens) observáveis ou que podem ser deduzidos indiretamente (no caso da cognição) por manifestações não observáveis, como ocorre durante a solução de problemas, por exemplo. A definição usada aqui, para aprendizagem, refere-se à “mudança relativamente estável num estado interno do organismo, resultante de prática ou experiência anterior, que constitui condição necessária, mas não suficiente, para que o desempenho ocorra” (LOMÔNACO, 1984, p. 6), este, por sua vez, observável e mensurável (idem).

Os processos internos exigem a manipulação integrada de informações (MAYER, 1981) percebidas, codificadas, recuperadas, armazenadas, como resultado de um esforço em busca de significação (MAYER, 1981, p. 14; POPPLESTONE e MCPHERSON, 1988), ou seja, recepção, processamento e representação de informações (DAEHLER, 1994). A representação refere-se à “forma mental pela qual (as pessoas conhecem) as coisas, as idéias, os eventos, etc., que existem fora (de suas mentes)” (STERNBERG, 2000, p. 151). Os estudos sobre como as representações são processadas são feitos observando-se “como as pessoas lidam com as várias tarefas cognitivas que envolvem a representação (...), ou como o cérebro (...) responde às diversas tarefas” (idem).

Para muitos teóricos, a solução de problemas é um dos processos que auxilia a organização da cognição (DAEHLER, 1994; OVERTON, 1994).

As definições para memória, solução de problemas, bem como para aprendizagem e cognição, são as que, de maneira resumida e com aspectos comuns, foram encontradas nas obras pesquisadas:

- memória, como a permanência (relativa) de experiências de aprendizagens, (ANDERSON, 1995, p. 432) que se torna um “meio” através do qual se recorre a essas experiências a fim de usá-las no presente (STERNBERG, 2000);
- aprendizagem entendida como o processo pelo qual um organismo se modifica em função da experiência (LOMÔNACO, 1984) ou “obtem conhecimento” do mundo exterior (POPPELSTONE e MCPHERSON, 1988) e que é capaz de repetir ou evocar ao longo do tempo (BEAR et al., 2001);
- problema como a existência de uma situação que contém “um objetivo a ser alcançado (STERNBERG apud LEME, 2001)” e que requer a concorrência de outras funções cognitivas, como memória, raciocínio, planejamento, tomada de decisão, entre outros (CARRETERO e MADRUGA, 1984).

Com base em tais conceituações supõe-se que a aprendizagem dos conteúdos transmitidos durante as aulas da disciplina Desenho, usando resolução de exercícios como estratégia (como os apresentados no capítulo 3), deva ser evocada quando os futuros engenheiros depararem-se com problemas de Geometria durante o curso e na elaboração de projetos, quando deverão aplicar os conhecimentos adquiridos.

1.2. O ensino de Desenho na EPUSP

A percepção espacial é uma habilidade crucial para a elaboração de projetos em Engenharia e, em que pesem os resultados das discussões sobre ser uma habilidade inata ou não (KAWANO e VELASCO, 2001; BERTOLOZZI et al., 2001), seu desenvolvimento está ligado ao ensino de Desenho e Geometria.

A disciplina Desenho no ensino de Engenharia, e mesmo nos programas do ensino fundamental (que se inicia lá pela 5ª. série) e médio, tem sua base conceitual nas definições da Geometria para sua representação figurativa. A disciplina, no entanto, sofreu mudanças em relação ao conteúdo a ser ensinado, chegando a “um quase abandono (...) em nossas escolas” (ALBERNAZ, 1998, p.2), como se percebe, também, pela leitura dos PCN's (MEC, 1998), tanto do ensino fundamental como do ensino médio.

No caso da EPUSP, a disciplina Desenho inclui conteúdo que vai da Modelagem de Sólidos à Geometria Descritiva, com elaboração de um projeto de modelagem 3D e de carrinhos, com uso de recursos computacionais e exercícios (tabela 1.1).

Tabela 1.1: Programa dos 1º e 2º semestres da disciplina Desenho da EPUSP

1º SEMESTRE	
AULA/TEMA	AULA/TEMA
1. Apresentação	8. Técnicas de Esboço
2. Geometria Cotada – Pontos e Retas	9. Modelamento 3D – Visualização
3. Geometria Cotada – Planos	10. Modelamento 3D – Arestas e Faces
4. Superfícies Topográficas – Introdução	11. Modelamento 3D – Sólidos
5. Superfícies Topográficas – Problemas Práticos	12. Modelamento 3D – Superfícies
6. Desenho geométrico – Lugares geométricos	13. CAE/CAM
7. Desenho geométrico - Problemas	14. Revisão
2º SEMESTRE	
1. Perspectivas	8. Desenho de Execução e Normas Técnicas I
2. Perspectivas II	9. Desenho de Execução e Normas Técnicas II
3. Vistas Ortográficas I	10. Geometria Descritiva I
4. Vistas ortográficas II	11. Geometria descritiva II
5. Modelo 3D (Projeto)	12. Geometria Descritiva III
6. Cortes e Seções	13. Geometria Descritiva IV
7. Cotagem	14. Projeto – Competição de Carrinhos

(Reproduzido de www.pcc.poli.usp.br, 2003)

Tal conteúdo é distribuído em 2 semestres, exigindo dos alunos maiores níveis de abstração e que acabam apresentando dificuldades de aprendizagem (KAWANO e MAFALDA, 1998; KAWANO e VELASCO, 2001), manifestadas nos resultados das provas aplicadas e na resolução dos exercícios propostos em sala de aula. Para obter alguns dados sobre essas manifestações, durante o segundo semestre de 2003 a autora acompanhou as aulas de Desenho, em uma turma de primeiro ano de Engenharia, durante as quais, embora de maneira assistemática, observou a maneira como os alunos resolviam os exercícios (descrita no capítulo 3) e os resultados obtidos nas provas.

As dificuldades estariam, entre outros fatores, relacionadas a experiências anteriores, principalmente da infância e adolescência, referentes ao desenvolvimento da habilidade de visualização espacial (DENO, 1995 apud CHENG et al.,1998) e ao aprendizado escolar anterior ao ingresso na universidade. A disciplina é oferecida no primeiro ano de graduação, quando “os alunos apresentam as maiores dificuldades, ou seja, onde estes têm nenhum ou pouco contato com desenho” (CHENG et al., 1999).

No ensino de Geometria, em Engenharia, os alunos trabalham com representações gráficas – desenhos – construídas a partir da combinação de elementos geométricos a serem interpretados.

A aprendizagem dos conceitos, símbolos, regras envolvidas, são úteis para o futuro exercício da profissão de engenheiro, quando estes deverão elaborar um produto que tenha a forma e as especificações necessárias representadas graficamente, em linguagem técnica, ou seja, o projeto do produto. Tal produto poderá ser uma instalação elétrica, hidráulica, uma residência, uma ponte, um navio, uma máquina. Desse modo, o aluno de Engenharia deve ser capaz de saber os códigos e o significado dos elementos que irão representar o produto projetado, bem como lembrarem deles sempre que um projeto deve ser apresentado.

No decorrer do curso, os alunos devem resolver problemas que solicitam essa “grafia” e “gramática” corretas, para que a solução seja uma representação (o desenho) adequada. Na EPUSP, aprender a linguagem da Geometria Descritiva para aplicar nas representações, deve acontecer no intervalo de um semestre, durante as aulas de Desenho, o que muitos alunos e professores consideram pouco tempo.

Apesar dos esforços dos professores para promover reestruturações e ações a fim de superar dificuldades originadas da escolaridade anterior ao ingresso na universidade, o tempo destinado à disciplina Desenho nem sempre é suficiente, quer para familiarizar o aluno com os conhecimentos necessários envolvidos no desenvolvimento de um projeto (KAWANO e VELASCO, 2001), quer para revisar conteúdos aprendidos durante os anos do ensino fundamental e médio. Por essa razão torna-se também insuficiente para permitir melhorias no rendimento escolar.

O que se observa aí, é que os alunos são submetidos a novas (para muitos) situações, em termos de informações recebidas e práticas permitidas, com pouco tempo para repetir essas experiências, o que se torna fundamental para sua consolidação na memória. O papel da experiência, aliada a fatores sociais e culturais, possui o poder de moldar as funções cognitivas, entre elas a memória, possibilitando “superar seus próprios limites” (NORMAN, 1993, p. 43).

1.3. Ensino de Desenho e aptidão espacial

O significado de aptidão espacial, implica a definição de espaço tanto no sentido físico (espaço material, palpável), como no sentido psicológico (de processo

mental para sua compreensão e representação) O desenvolvimento da aptidão espacial em futuros engenheiros é um objetivo a ser alcançado (CHENG et al, 1999; KAWANO e VELASCO, 2001), cuja responsabilidade, em termos didáticos, recai sobre os professores de Desenho, através da aplicação de exercícios que exigem raciocínio e abstrações (pontos, linhas, planos, espaço) fundamentados na Geometria Descritiva.

A Geometria Descritiva permite um treinamento da “abstração” espacial, ao criar e possibilitar a interpretação de representações de elementos tridimensionais em espaços bidimensionais, como os projetos em Engenharia. Daí a necessidade de domínio da abstração, mais do que da relação com imagens concretas, para que o aluno compreenda os conceitos de projeção e suas representações (MACHADO, 1986) e, com isso, desenvolva sua percepção espacial, no sentido de processo mental, expressando-se por meio de vistas e perspectivas.

A aptidão espacial torna-se importante para refletir-se em um projeto de Engenharia (PETRECHE, 1998), no qual “convergem, praticamente, todas as informações adquiridas durante o curso (...) já que a interação entre a representação gráfica e os meios cognitivos de interpretação forma a base do processamento de informações necessárias à (sua elaboração)” (KAWANO e VELASCO, 2001, p. 23). Desse modo, o desenvolvimento da aptidão espacial seria o ponto de partida para auxiliar a compreensão e solução de problemas espaciais, estimulando outros processos cognitivos, tais como a memória e o raciocínio, como são exigidos nos exercícios sobre vistas e Geometria Descritiva, e nos projetos propostos nas aulas de Desenho na EPUSP.

Capítulo 2

CÉREBRO E MEMÓRIAS

“A memória determina nossa individualidade como pessoas e como povos: eu sou quem sou porque me recordo de quem sou (...). Se eu esquecesse quem sou, não seria ninguém, ou seria outro” (IZQUIERDO, 2000)

A última década do século XX recebeu, em notas da imprensa escrita, o título de a “década do cérebro”. Alguns adiantaram o século XXI como o “século” do cérebro.

Em que pese a veracidade das informações lidas ou assistidas nos veículos de comunicação, ou a controvérsia que provoquem entre especialistas, para os quais a complexidade do encéfalo humano não é passível de simplificações ou modelagem (HARPAZ, 2002), o conhecimento de algumas funções do cérebro está se popularizando, tido como necessário para a compreensão e cura de transtornos que afetam comportamentos, habilidades, pensamentos e outras manifestações dos seres humanos. As descobertas nessa área nos ajudam, ainda, a entender como o sistema nervoso central está estruturado para obter e fornecer as representações do mundo exterior e o papel da linguagem para juntar e comunicar todas as suas manifestações (DEL NERO, 1997, DAS et al., 1998) e para armazenar e recuperar essas representações.

A memória não é apenas um “setor” na nossa cabeça. Ela é um mecanismo complexo, pesquisado desde há muito tempo (com abordagem interdisciplinar) passível de modelagem e representação computacional - apresentada em termos de unidades cognitivas (os *chunks*), padrões de reconhecimento, recuperação de dados e informações (em um sentido geral, como usado nos autores consultados, referindo-se ora a dados processados, percebidos, dotados de relevância, ora a dados brutos como os recebidos através dos sentidos) - responsável pela guarda das representações do que captamos de e sobre nosso mundo e nós mesmos.

Muitas vezes tais dados parecem surgir sem esforço consciente, outras são como que despertados por um evento qualquer, na forma de imagens e ou discursos “silenciosos”.

O conhecimento atual que se tem sobre a formação de memórias baseia-se em investigações combinadas nas áreas de biologia molecular, psicologia e medicina. A maior parte das pessoas refere-se à “memória” como se fosse uma função única de retenção de dados e informação mas, sabe-se hoje, que há vários “sistemas” de memórias, com mecanismos, tipos e formas relacionados a outras funções mentais (BEAR et al., 2002; LE DOUX, 1994; LYNCH et al., 1984).

Nas discussões em Educação a memória tem recebido um tratamento “negativo” (grifo meu), no sentido do “aprender de cor” (LIEURY, 2001), que não exigiria nenhum outro tipo de processo mental, apenas repetição mecânica de informações percebidas. Muitos outros estudiosos da memória, no entanto, apontam para seu papel fundamental na aprendizagem, atenção, solução de problemas, entre outras funções cognitivas.

2.1. Cérebro, a base física das funções cognitivas

O encéfalo é uma das partes do Sistema Nervoso Central - SNC (WISHAW e CIOE, 1994), do qual faz parte também a medula espinhal.

O termo “cérebro” refere-se a apenas uma das partes que constituem o “encéfalo”, sendo este o termo adequado para o conjunto físico completo, contido na caixa craniana: o cérebro, o bulbo olfatório, o tronco encefálico e o cerebelo. O cérebro, sua maior parte, é tido como a “base estrutural da mente ativa” (DAS et al., 1998), ou “sítio da mente” (DEL NERO, 1997).

O desenvolvimento do encéfalo ocorre na fase embrionária, quando os neurônios (as células cerebrais) são gerados em quantidade e na localização certas. Ele começa a funcionar assim que toda a circuitaria está completa (SHATZ, 1992) e sua plasticidade é fortemente moldada pela experiência, principalmente durante os primeiros anos de vida.

Assim como os encéfalos e mentes são heterogêneos, também o são as mudanças provocadas com o desenvolvimento. Dennis J. SELKOE, da Harvard Medical School, em artigo de 1992 sugere que o envelhecimento do encéfalo não significa, necessariamente, o envelhecimento da mente.

Como resultado do envelhecimento a velocidade para a atividade de muitas funções cognitivas, como a memória, a resolução de problemas, tende a ficar reduzida. “Quanto mais complexa for a tarefa (por exemplo, um problema

matemático de várias etapas), é mais provável que um adulto jovem tenha um desempenho melhor do que um idoso” (...) mas, “dando-se tempo suficiente em um ambiente em que a ansiedade não se instale, muitos idosos saudáveis apresentam resultados tão bons quanto os dos mais jovens” (SELKOE, 1992).

É no cérebro que estão as áreas responsáveis pela cognição e emoções e que intervêm (entre outros) nos vários mecanismos de memória e demais processos cognitivos. Tais áreas situam-se nos “lobos” cerebrais (fig. 2.1), considerados as partes principais do cérebro. Os lobos frontais possuem uma abundante rede de fibras ascendentes e descendentes, e fazem conexões com várias estruturas.

Fig. 2.1: Lobos e sulcos cerebrais (Reproduzido de: BEAR et al., 2002, p. 9)

Uma visão dorsal do encéfalo revela sua divisão em hemisférios, o esquerdo e o direito, separados por uma fissura profunda. Cada um deles tem funções e controles sobre sensações, operações, movimentos do lado oposto, isto é, o hemisfério cerebral direito recebe sensações e controla movimentos do lado esquerdo; o contrário acontece com o hemisfério esquerdo, em relação ao lado direito do corpo. Cada pequena parte desses hemisférios é bastante complexa, diferenciada, especializada e, ao mesmo tempo, versátil, atuando conjuntamente.

O córtex cerebral se organiza em áreas especializadas em determinadas funções: áreas correspondentes aos movimentos, visão, olfato, audição, etc. As áreas que não estão diretamente envolvidas com funções motoras ou sensoriais são chamadas de áreas associativas. Lesões nessas estruturas provocam incapacidade de lembrar qualquer nova experiência, ou incapacidade de lembrar de eventos ocorridos antes da lesão.

Na parte interna do encéfalo estão, entre outras, as estruturas especializadas (sistema límbico) na regulação dos estados emocionais - a amígdala, e na estocagem de representações que chegam do mundo exterior - o hipocampo (fig. 2.2).

Fig. 2.2: Áreas de memória e estados emocionais (Reproduzido de: BEAR et al., 2002, p. 759)

Nas tabelas a seguir (Tabelas 2.1 e 2.2) encontram-se, resumidamente, as áreas do encéfalo e algumas de suas funções, baseadas nas especializações; através delas é possível perceber as interconexões entre as várias partes e áreas.

Tabela 2.1. Áreas do encéfalo e suas funções

ÁREAS ENCEFÁLICAS	FUNÇÃO
Cerebelo	Movimento, equilíbrio, postura
Hipotálamo	Temperatura corporal, emoções, agressividade, sede, ritmo cardíaco
Córtex somatosensorial primário	Recepção de informações táteis
Tálamo	Processamento sensorial, movimento
Sistema límbico (hipocampo, amígdala, giro cingulado)	Emoções
Hipocampo	Memória, aprendizagem
Ganglia basal (substância nigra)	Coordenação motora
Áreas corticais	Pensamento, emoção, movimentos voluntários, linguagem, percepção

(Adaptado de: www.faculty.washington.edu/~chudler, 2003)

Tabela 2.2. Áreas corticais e especializações

ÁREAS CORTICAIS	FUNÇÃO
Córtex pré-frontal	Solução de problemas, emoção, raciocínio e outros pensamentos complexos
Área associativa motora	Coordenação de movimentos complexos
Córtex motor primário	Iniciação de movimentos voluntários
Córtex somatosensorial primário	Recepção de informações táteis
Área associativa sensorial	Processamento de informações multissensoriais
Área associativa visual	Processamento complexo de informações visuais
Córtex visual	Deteção de estímulos visuais simples
Área de Wernicke	Compreensão da linguagem
Área associativa auditiva	Processamento complexo de informação auditiva
Córtex auditivo	Deteção de sons (volume, tonalidade)
Área de Broca	Produção e articulação da fala

(Adaptado de: www.faculty.washington.edu/~chudler, 2003)

Genericamente é dito que os lobos temporais (fig. 2.1.) estão relacionados a vários tipos de memória de longo prazo e os lobos parietal e frontal, às memórias de curto prazo. As lesões nessas regiões resultam em diferentes perdas de memória, também dependendo se estão localizadas em áreas do hemisfério direito ou esquerdo.

No lobo temporal medial, estão as estruturas (interconectadas) consideradas vitais para a consolidação das memórias de fatos e eventos (declarativas).

Os lobos temporais são considerados as áreas mais importantes para o registro de eventos passados. Neles está o neocórtex temporal que é tido como o “sítio de armazenamento da memória de longa duração” (BEAR et al., 2002) e, além de outras estruturas, o hipocampo (fig. 2.3), que é considerado uma “área crítica”, integradora e controladora não só para a memória mas também para muitas funções cognitivas.

Fig. 2.3: Estruturas do lobo temporal envolvidas na formação de memória (Reproduzido de: BEAR et al., p. 756)

Muitos estudos sobre lesões em áreas cerebrais forneceram evidências sobre a participação das regiões afetadas na formação da memória (FISCHBASCH, 1992; BEAR et al., 2002), contrastando o que foi perdido com o que permaneceu. Por exemplo, a remoção do hipocampo não influi sobre a percepção, raciocínio, mas provoca amnésia retrógrada para os anos anteriores à remoção e também incapacidade de formação de novas memórias (até mesmo de um indivíduo reconhecer-se em uma foto). Desse modo, uma pessoa é capaz de aprender, mas não pode repetir ou lembrar o que já vivenciou (BEAR et al., 2002).

2.2. Cérebro e cognição

O cérebro é freqüentemente comparado a um computador: “Ele interpreta informações imprecisas dos sentidos numa velocidade incrivelmente rápida. Ele identifica um suspiro em um ambiente barulhento, um rosto numa viela escura e uma intenção oculta numa afirmação política. Mais impressionante que tudo isso, o cérebro aprende - sem qualquer instrução explícita – a criar representações internas para tornar tais habilidades possíveis” (HINTON, 1992, p.145).

A divisão funcional do cérebro desenvolvida por Alexander LURIA, em seu *The working brain* (1973, apud DAS et al., 1998), serviu de base para muitas explicações sobre a estruturação cerebral das atividades cognitivas, como a memória, a atenção, a solução de problemas. Esse psicólogo russo, nas décadas de 1920 iniciou um estudo de mais de 30 anos com um paciente (S.) que possuía memória extraordinária para muitas informações, que não conhecia “apagar”, mas era incapaz de reconhecer faces e acompanhar uma história, como está descrito em seu livro *“The mind of a mnemonist”* (BEAR et al., 2002). LURIA (apud DAS et al., 1998) descreveu três unidades funcionais do cérebro:

- **regulação da excitação cortical e atenção**, que se encontra no tronco encefálico, diencéfalo e regiões internas do córtex, proporcionando um equilíbrio adequado de excitação e de atenção direta e seletiva, que permite ao indivíduo utilizar os processos das duas outras unidades funcionais. Por exemplo, quando há um conjunto variado de estímulos e o indivíduo deve prestar atenção em apenas um, os recursos dessa unidade permitem a excitação necessária e a inibição da atenção para os estímulos que não interessam. Esta unidade, por sua vez, é regulada pelos sistemas do córtex que recebem e processam dados vindos do exterior e também influencia seu funcionamento: “isto é possível mediante os sistemas ascendentes e descendentes da formação reticular, que transmitem impulsos das partes inferiores do córtex e vice-versa” (DAS et al., 1998, p. 54).
- **codificação da informação utilizando processos simultâneos e sucessivos**, que se situa nas regiões laterais do córtex, na superfície convexa dos hemisférios, nas partes responsáveis pela recepção sensorial, como a visual (occipital), auditiva (temporal) e sensorial geral (parietal). Nesta unidade de codificação de dados ocorrem os **processamento simultâneo** – associação entre as áreas do córtex occipital e parietal para reconhecimento, isto é, relacionar cada elemento com os

demais a qualquer momento, e **processamento sucessivo** - a associação entre as áreas frontais e temporais, integrando os estímulos de maneira sequencial. Por exemplo, esta unidade permite que, quando “se pede para ‘desenhar um triângulo sobre um quadrado que se encontra a esquerda de um círculo que está abaixo de uma cruz’, as relações entre as diferentes formas devem ser compreendidas corretamente” (DAS et al., 1998, p. 55).

- **controle de planejamento, autosupervisão e estruturação das atividades cognitivas**, situada nos lóbulos pré-frontais que sintetizam a informação, regulam o comportamento do organismo resolvendo problemas, questionando, regulando a vontade, e regulam o controle consciente dos impulsos e de diversas capacidades linguísticas.

2.3. As células nervosas: os neurônios

O cérebro é o grupamento de bilhões (cerca de 100 bilhões) de neurônios (fig. 2.4), dispostos em camadas e interagindo entre si.

Esse grupamento forma uma massa úmida e esponjosa, de substância (tecidos) branca e cinzenta, com dobras, saliências (giros) e circunvoluções (BEAR et al., 2002): quando um encéfalo é dissecado, o tecido da superfície (córtex) apresenta grupamentos de neurônios em tons de cinza; o tecido interno, apresenta regiões com grupamento de axônios que aparecem mais claros (substância branca).

Fig. 2.4: Uma das formas de neurônio (Reproduzido de: BEAR et al., p. 25)

Os grupamentos das células neurais estão dispostos em camadas e colunas (fig. 2.5) e, conforme sua localização no encéfalo, respondem diferentemente a estímulos diferentes, com mecanismos internos diferenciados de representação dos mesmos.

Fig. 2.5: Esquema da diferenciação das camadas do córtex (Adaptado de BEAR et al, 2002)

A organização celular no encéfalo filtra e transforma o dado sensorial em percepção e ação (KANDEL e SQUIRRE, 2000). Seus grupamentos formam as várias estruturas que recebem e enviam informação, regulando as funções cerebrais.

Para as especializações de percepção visual, por exemplo, é a partir de organização própria que os neurônios situados no córtex occipital respondem, de maneira síncrona, aos estímulos recebidos a partir da visão. Neste caso, para as várias especializações (claro, escuro, profundidade, orientação espacial, etc.) foram descobertas mais de 30 áreas distintas do encéfalo (KANDEL e SQUIRRE, 2000).

Grupamentos de neurônios, feixes de axônios, nervos e artérias estão distribuídos pelo encéfalo, agindo na troca de informações e nutrindo o cérebro. O funcionamento do encéfalo como um todo é o funcionamento integrado dos seus

vários sistemas (Fig. 2.6) que concentram os bilhões de neurônios. A informação viaja pelo cérebro não como entidade “completa (...) por uma única via neural. Ao contrário, os diferentes aspectos de uma única percepção se processam simultaneamente [quer dizer, em paralelo] e não ao longo de uma única via” (DAS et al., 1998).

Fig. 2.6: Esquema das possíveis conexões inter-regiões cerebrais
(Reproduzido de: www.faculty.washington.edu/~chudler, 2003)

2.4. Atividade neural: as sinapses e o processamento da informação

Há uma variedade de formas, de quantidade e de tamanho de ramificações (axônios, dendritos) entre os neurônios. Por essa razão é possível que cada neurônio seja único e, na maior parte dos casos, sua localização seja imutável (FISCHBASCH, 1992), o que também explicaria a participação em circuitos localizados e destinados a uma função particular.

As operações/funções do encéfalo dependem das conexões precisas entre os neurônios. Os neurônios são polarizados, enviam dados através de seus axônios que se ligam a células-alvo nas várias camadas corticais, e recebem sinais das suas ramificações (dendritos). Formam circuitos que são percorridos pelos dados, ativando regiões que produzem as operações ora autônomas, ora em rede, manifestas em comportamentos, funções mentais, emoções.

As conexões neurais que formam o circuito são as **sinapses** (Fig. 2.7) ou, **contatos especializados gerados eletricamente e mediados quimicamente**. Nessas conexões são liberadas moléculas de neurotransmissores (por exemplo, glutamato, acetilcolina, adrenalina, histamina, endorfina) receptadas, por sua vez, por proteínas específicas existentes na membrana neural, desencadeando sinais elétricos ou

químicos (BEAR et al., 2002), que, por sua vez contribuem para seu refinamento, ordenação, estrutura e funções.

Fig. 2.7: Sinapse (Reproduzido de: BEAR et al., 2002, p. 37)

A sinapse, é então, o mecanismo para síntese, recaptação, degradação e ação de neurotransmissores, estabelecendo caminhos neurais que processam dados sensoriais e formam as representações que guiam o comportamento. Se essas conexões “falham o cérebro vê o mundo como uma série de eventos desconexos, como uma apresentação de fotos, e não em uma sequência contínua, como em um filme (...); o resultado pode ser um comportamento (...) excessivamente dominado pela estimulação imediata, mais que por um equilíbrio de informações internas atuais e passadas” (GOLDMAN-RACIK, 1992, p. 117). Esses caminhos são responsáveis por modular, entre outros, as “memórias”.

A sinapse faz com que a informação seja distribuída e integrada por outros neurônios, formando as representações do que é transmitido e percebido pelos sentidos, de várias maneiras: palavras, imagens, sons, sensações. As representações são distribuídas por muitos neurônios, que interagem em uma mesma região e entre várias outras, de maneira sincrônica. Por exemplo, quando se vê uma face, há representações de suas partes, separadas, que se juntam às representações sobre

reconhecer a que sexo pertence, se é familiar ou não, a expressão facial; cada uma delas é resultante do disparo de neurônios em várias regiões. As sinapses ocorrem, assim, de forma **hierárquica**, **simultânea** e **paralela** (CRICK e KOCH, 1992).

Embora haja muito por ser descoberto, sabe-se que os efeitos de uma sinapse, isto é, sua intensidade e duração, dependem da correlação consistente (convergência de muitas aferências) entre neurônios pré e pós-sinápticos, ativando ou enfraquecendo, ou mesmo eliminando, sua eficiência.

O refinamento das conexões ocorre como consequência da atividade neural, num processo de modelagem influenciado pelas experiências sensoriais desde a infância (daí a importância da “qualidade” do ambiente onde crescemos) e na puberdade, também pelas alterações hormonais dessa fase. O desenvolvimento do cérebro é, então, determinado pelos genes e “história do desenvolvimento” de um indivíduo (EDELMAN, 2000).

Com o aumento da idade vão ocorrendo restrições nas formas de atividades nos circuitos corticais, moduladas por neurotransmissores (como por exemplo, acetilcolina, noradrenalina) que aumentam a excitabilidade neural, provocando uma “seletividade” e determinando “padrões” em suas interconexões. O arranjo das sinapses que ocorre por todo o encéfalo, definindo representações mentais, pode ser a explicação para muitas diferenças de desempenho em tarefas de habilidades, como por exemplo, a de rotação mental (RESNICK, 1993).

As modificações ocorridas em sinapses (entrada e liberação maiores ou menores de substâncias químicas) estabelecem o armazenamento de dados e informações pelo sistema nervoso, ou seja, contribuem para a memória.

Muitas descobertas sobre o funcionamento do cérebro são feitas a partir de pesquisas sobre suas anomalias, como por exemplo, procura-se compreender o processo de memória a partir de estudos sobre a amnésia (GAZZANIGA, 1984; MISHIKIN, 1984). O que se conhece sobre as funções cognitivas, sobre o processamento de informações e sua retenção, como a representação tridimensional, a memória, a solução de problemas, o raciocínio, são modelos limitados, em função do grau de conhecimento que se tem, até o momento, sobre o cérebro e seus mecanismos. A partir do conhecimento sobre suas bases mínimas, os neurônios, sabe-se que a aprendizagem e a memória, por exemplo, “ocorrem pelas mudanças na efetividade das sinapses a fim de que a influência de um neurônio sobre o outro também se modifique” (HINTON, 1992, p. 145).

2.5. As memórias

Basicamente, as descobertas sobre como os dados são processados – formação das representações - são tratadas sob dois aspectos: as funções cerebrais e onde se localizam, encontrando-se uma separação (cercada de polêmica) entre cérebro e mente. Aquele é tido como o “suporte” físico para a manifestação desta última (FISCHBASCH, 1992), o seu “sítio” (DEL NERO, 1996), ou, em outros termos, o cérebro em atividade é que “cria a mente” (BEAR et al., 2002) e suas funções, influenciado pela experiência. A linguagem e memória são conhecidas como expressões da relação cérebro-mente.

Já no século XIX os estudiosos de memória estabeleciam uma distinção entre memória “primária” e “secundária”, sendo a primeira relacionada à atenção e consciência imediatas e a última às informações recuperadas quando necessárias e então tornadas conscientes.

As várias denominações encontradas para memória estão relacionadas à retenção, processamento e necessidade de evocação/recuperação da informação (ANDERSON, 1990b; STERNBERG, 2000). Assim, as várias memórias podem ser agrupadas em dois grandes sistemas, subdividindo-se em outros subsistemas. Esses sistemas maiores relacionam-se às **memórias declarativas** – para fatos e eventos, dependentes de esforço para evocação - e **não-declarativas** – de procedimentos, evocadas durante a execução de tarefas (BEAR et al., 2002). Como exemplo de memória declarativa no aprendizado de Desenho, um aluno pode lembrar-se de uma aula (evento) onde tenha aprendido o fato de que em projeções cilíndricas, o perpendicularismo se mantém, caso um lado do ângulo esteja paralelo ao quadro de projeção; e de memória não-declarativa, a habilidade de traçar paralelas.

ANDERSON (1990b) apresenta dois processos de armazenamento de informações: o de memória declarativa, que acumula dados (por exemplo, algumas regras como a do cálculo de área), e o de memória procedural (ou de trabalho) que armazenaria procedimentos (por exemplo, medir ângulos). Nos processos de resolução de problemas tais memórias entrariam nas ações envolvendo captura de regras (declarativa), por exemplo, e a sua aplicação (procedural), em diferentes combinações.

2.5.1. Memórias de curta e longa duração

As referências mais comuns à memória, encontradas na literatura pesquisada são, em sua maior parte, sobre sua duração; também há um consenso sobre a forma e quantidade de mecanismos de memórias não serem, ainda, precisos. Assim, o que mais se encontra são as classificações de memória **de longo prazo** ou de **curto prazo** (e **memória de trabalho**, nas abordagens cognitivistas):

- **Memória de longo prazo**, ou permanente, ou secundária (BELLEZZA, 1994) refere-se à lembrança de informações após horas, dias, semanas (CIOE; KOLB e WHISHAW, 1994), após esforço, de fatos e eventos passados. É considerada fácil de formar e também de ser esquecida (BEAR et al., 2002).
- **Memória de curto prazo**, ou primária, ou consciente, ou de trabalho (BELLEZZA, 1994), ou implícita (BEAR et al., 2002), refere-se à lembrança de informações após segundos ou minutos, inclui as habilidades, hábitos, sensações, respostas emocionais, cuja evocação não exigiria esforço. Duram de segundos a horas e são perdidas com perturbações (BEAR et al., 2002). Normalmente é desenvolvida a partir de experiências, treino, o que a torna mais difícil de ser esquecida. Para este mecanismo o termo mais comumente utilizado, principalmente por cognitivistas, é **memória de trabalho** (*working memory*).

Estes dois grandes mecanismos ou sistemas estão relacionados à incapacidade do SNC de processar a informação tão rapidamente quanto a recebe. Na memória de longo prazo a informação não pode ser armazenada e nem recuperada rapidamente. Na memória de curto prazo, ou de trabalho, se recupera apenas o que precisa ser lembrado e utilizado (e sua capacidade é mais limitada).

Dentre os cognitivistas encontram-se, ainda, referências às memórias **implícita** e **explícita**, relacionando-as a estados mentais, de lembrar informações armazenadas em diferentes tipos de memórias, como a declarativa (fatos) e procedural (movimentos), por exemplo (ANDERSON, 1983, 1990b; BRAINBRIDGE e LEWANDOWSKY, 1994).

Outra grande subdivisão apresenta as memórias **semântica** e **episódica** (GILLUND, 1994), a semântica sendo o armazenamento de informações aprendidas muito bem, do tipo conceitos, habilidades, fatos, raciocínios. Seria uma memória de “domínio”, *expertise*, de informações utilizadas de forma adequada e freqüentemente (por exemplo, gramática, matemática, vocabulários, fatos), associadas a abstrações e

linguagem. A memória episódica refere-se à lembrança de eventos de nossas vidas, quando e onde aconteceram, sendo definida como dependente de contexto espaço-temporal (GILLUND, 1994).

Ainda encontram-se definições/classificações para: **memória relacional, verbal, espacial, emocional**. As lembranças (*recall*) e o reconhecimento (*recognition*), ora aparecem como subsistemas, ora aparecem como “tarefas” (grifo meu), referindo-se à recuperação, reprodução de um estímulo ou evento anterior que não está mais presente, ou à determinação se um evento ou estímulo presente é idêntico ou similar a outro anterior, como se requer, por exemplo, em testes de múltipla escolha (GILLUND, 1994).

Nos vários autores consultados a variedade de definições é usada, em geral, para justificar a existência de muitos mecanismos, ou sistemas especializados (ou módulos), como em LIEURY (1997, fig. 2.8) de memórias, ao contrário daqueles que a apresentam como função única, especialmente quando as referências são à memória de trabalho (LOGIE, 1996).

Fig. 2.8: Uma das representações dos esquemas para aquisição, consolidação e recuperação das memórias (Reproduzido de: LIEURY, 1997, p. 46)

A definição comum à memória, qualquer que seja o mecanismo, é a que estabelece relações com as “representações mentais e aos processos envolvidos na retenção de informação” (RADVANSKY e WYER, 1994, p. 137).

Alguns desses “tipos”, ou mecanismos, já estariam presentes nos recém-nascidos para serem, através da experiência, modulados como resultado de maturação e treino.

Os avanços nas descobertas sobre os sistemas de memória são fundamentados, geralmente, em pesquisas feitas sobre lesões que afetam diferentes áreas do encéfalo e suas relações com o surgimento de transtornos da memória e também nos transtornos de aprendizagem.

Para a maioria das pessoas os indivíduos podem ter boa memória, memória de elefante, memória fotográfica, memória fraca e podem refrescar a memória ou falar de memória (ou de cor), mesmo sem saber da estrutura biológica, das conexões neurais que atuam para que seja um sistema com vários outros subsistemas (EDELMAN, 2000).

Os cognitivistas estabeleceram as relações entre processamento de informação e fenômenos psicológicos, decorrentes de processos orgânicos (utilizados também por engenheiros e matemáticos na área de computação) e sugerem a memória humana não como um simples repositório de dados passíveis de recuperação, mas como um **sistema dinâmico e complexo** que modifica tais dados como resultado das experiências (ESTES, apud POPPLESTONE e MCPHERSON, 1988 p. 239; RADVASNKY e WYER, 1994).

Os estudos sobre memória feitos na década de 50 pela pesquisadora Brenda Milner foram fundamentais para o conhecimento e as descobertas que se seguiriam sobre seus mecanismos (BEAR et al., 2002; KANDAL e SQUIRE, 2000). Observando o paciente H.M., que sofria de epilepsia e possuía uma lesão séria na região mediana do lobo temporal, Milner percebeu que suas habilidades e personalidade não foram alteradas, mas H.M. apresentava amnésia, ou seja, perda de memória de longo prazo e incapacidade para aprender, isto é, não demonstrava a transferência do que aprendia da memória de curto prazo para a de longo prazo.

A partir de suas observações, foram estabelecidos alguns princípios que regem os sistemas de memória, como:

- a aquisição de novas memórias é uma função cerebral distinta, independente de habilidades cognitivas e de percepção e de que não há um único depósito de informação;
- a memória não é uma faculdade mental isolada e única, mas composta de vários sistemas com diferentes estruturas e mecanismos, e que decorrem também de ações

de várias áreas do encéfalo (responsáveis pelas emoções, pela regulação do sono e comportamento sexual, pelas funções corporais, entre outras).

A integração multifuncional na formação de memórias pode ser percebida também, por exemplo, com dados visuais, quando a memória visual é entendida como um processo de integração no qual a percepção do que é visto e a sua compreensão devem ocorrer simultaneamente (ZEKI, 1992; KANDEL e HAWKINS, 1992).

Experimentos sugerem que deve haver uma maneira em que ocorrem a formação e integração celular para resultar tanto em aprendizagem como na formação de memória, envolvendo complexas elaborações e combinações de mecanismos sinápticos (TRANEL, 1994; BEAR et al. 2002).

Nessa abordagem integradora, assumindo-se que a aprendizagem é um processo para aquisição de novos conhecimentos, memória, então, refere-se ao processo para a permanência (KANDEL e HAWKINS, 1992; HARA e KITAJIMA, 1994, BEAR et al., 2002) e consolidação (no sentido de integrar novas informações a outras já existentes) do que é adquirido. Daí porque se entende, do ponto de vista da psicologia cognitivista, que a memória é um processo não só de recuperação de dados e informações, mas também de construção, influenciado por experiências anteriores e correntes (STERNBERG, 2000).

2.5.2. Áreas encefálicas de consolidação de memórias

A memória de trabalho (aquela armazenada temporariamente para uso presente) é tida como uma das grandes funções mentais, responsável pela ativação coordenada de neurônios em várias estruturas do cérebro. Estudos com primatas (experimentos que controlam o movimento dos olhos em *testes de respostas com retardo*, quando o objeto desaparece da visão por um tempo e depois é reapresentado), sugerem que grupamentos de neurônios em determinadas áreas corticais possuem “campos de memória” e continuam ativos durante o período de retardo, até que o animal dê a resposta (GOLDMAN-RAKIC, 1992, p. 113).

Estudos realizados com seres humanos que apresentam lesões corticais, sugerem que a estrutura da memória de trabalho permite recuperar dados simbólicos e transformá-los em informação de atividades controladas, como é o caso das atividades motoras, “guiadas mais pela memória do que pela informação sensorial

imediate, e (que) dependem de uma atualização constante da informação relevante” (para a atividade) (GOLDMAN-RAKIC, 1992, p. 112).

O hipocampo é tido como uma área importante para consolidação de memória (e aprendizagem).

Sua estrutura (figs. 2.3) apresenta-se “dobrada” e ligada a outras regiões corticais atuantes na consolidação das memórias, e que recebem informações aferentes (já processadas) de todas as modalidades sensoriais, como por exemplo, do córtex visual, que projeta informações complexas (além do claro-escuro) por outras áreas até chegarem ao hipocampo e projetarem-se dele para as áreas associativas do córtex frontal (fig. 2.9) e outras áreas (BEAR et al., 2002).

Fig. 2.9: Representação do fluxo de informações pelo lobo temporal medial (Adaptado de: BEAR et al. 2002, p. 757)

O papel do hipocampo na memória relaciona-se não só com o processamento mas também com a consolidação da memória declarativa e, em especial, com as memórias relacionadas à execução de tarefas. Estudos realizados com motoristas de táxi utilizando tomografia por emissão de pósitrons, mostram que o hipocampo é ativado em situações que envolvem navegação espacial, acreditando-se que seja resultado de um planejamento dos movimentos, o que demonstra sua função também para a memória de localização (espacial) (BEAR et al., 2002).

Em relação à memória de trabalho, durante a execução de uma tarefa o hipocampo interconecta-se com o córtex pré-frontal, onde se dão as funções complexas de processamento de informação, tais como a criatividade, a tomada de decisão, o planejamento, a resolução de problemas. Testes de resposta com retardo, realizados com primatas, mostraram que as áreas do sulco do córtex pré-frontal e o hipocampo ficam ativados, simultaneamente, durante a aplicação do teste, sugerindo que “o papel primário do hipocampo é consolidar novas associações, enquanto que o córtex pré-frontal é necessário para recuperar da memória de longo prazo, o produto

(fatos, eventos, regras) de aprendizagens armazenadas em algum lugar do cérebro, para ser utilizado na atividade corrente” (GOLDMAN-RAKIC, 1992, p. 115).

A memória de trabalho atua como complemento dos processos associativos, através dos quais o que está armazenado em memória de longo prazo é acessado, influenciando o comportamento atual. Essa complementação se dá pelo armazenamento e ativação de curta duração de informações, tornando-a “fundamental para a compreensão da linguagem, aprendizado e raciocínio” (GOLDMAN-RAKIC, 1992, p. 111) e também para as funções motoras.

Os estudos sobre o mecanismo da memória de trabalho, que tem papel de reconhecida importância na aprendizagem, começaram com animais (principalmente macacos) para identificar a localização da circuitaria neural envolvida e a maneira como as representações internas (do mundo exterior) se relacionam com as funções cognitivas.

2.5.3. A memória como atividade neural

Como as atividades bioquímicas se transformam em representações mentais conscientes é um problema para o qual ainda não há respostas largamente aceitas (CRICK e KOCH, 1992), apesar de descobertas recentes sobre a interação entre partes distintas do cérebro para gerar tais representações, em termos psicológicos e neurais (LEAKE, 2003).

O sistema visual é tido como uma importante fonte de dados (cores, formas, superfícies, texturas, linhas, movimento, lateralidade) sobre o ambiente. Mas, assim como todos os outros sentidos, por si só, não é suficiente para gerar representações sobre o meio, a serem armazenadas:

“o cérebro precisa usar a experiência passada (própria ou de ancestrais, que está embutida no gene) para ajudar a interpretar a informação que atravessa os olhos. (...); ver é um processo construtivo, um dos quais o cérebro tem que processar (...) a fim de decidir qual interpretação adotar para os casos de entradas visuais ambíguas (...) implicando que o cérebro age para formar representações simbólicas do mundo visual, com um mapeamento (no sentido matemático) de certos aspectos desse mundo com elementos no cérebro (...)” [que são, na maior parte das vezes], “inconscientes e sobre as quais nos tornamos alertas como resultado desse processamento” (CRICK e KOCH, 1992, p. 154).

O cérebro não pode, para gerar uma informação ou provocar um processo cognitivo, analisar as imagens como elas chegam da retina; muitas áreas são

ativadas, numa “integração de estágios variados” (ZEKI, 1992), para a percepção e compreensão do mundo visual, onde a consciência tem um papel crucial, fazendo com que não seja “possível separar o que é visto do que é compreendido (...) nem separar a aquisição de conhecimento visual da consciência. Sem dúvida, a consciência é uma propriedade do complexo aparato neural que o cérebro desenvolveu para adquirir conhecimento” (ZEKI, 1992, p. 76).

Como foi dito anteriormente neste capítulo, o estabelecimento das conexões neurais, da “circuitaria” do encéfalo é um processo iniciado na fase embrionária e que se refina e consolida à medida que amadurecemos, determinado por fatores genéticos e influenciado pelo ambiente externo (temporal, espacial) estímulos sensoriais recebidos e por necessidades de sobrevivência, modulando nossas habilidades e comportamentos, capacidades de perceber, discriminar, aprender, reter dados e informações.

Ao nível celular a modificação, decorrente de alterações químicas e sinais elétricos, nas atividades e estruturas relacionadas à memória ocorre com extrema velocidade e em locais variados, de acordo com a natureza do processo de memória, isto é, os mecanismos para armazenamento da informação estão relacionados às sinapses e à velocidade e eficiência com as quais estas se desenvolvem, se automatizam, se organizam e se modificam, favorecendo procedimentos estratégicos, como o de lembrar para planejar e resolver problemas.

Do ponto de vista neurobiológico, a memória (assim como o aprendizado) é resultado de uma adaptação da circuitaria neural ao ambiente, que permite respostas apropriadas às situações experimentadas.

As conexões neurais são fortalecidas pelo disparo sincrônico entre neurônios, quando ocorre aumento ou diminuição de proteínas, o que pode durar minutos ou dias (FISCHBASCH, 1992). Desequilíbrio na dosagem de neurotransmissores provoca déficits nas memórias, tanto quanto as lesões em partes do encéfalo.

A memória está baseada em modificações nas conexões sinápticas, causadas pela ação desses neurotransmissores, com a ativação de glutamato, um importante neurotransmissor excitatório, que se liga a proteínas receptoras que permitem o “disparo” neural, com amplificação e estabilização do sinal. Além dos neurotransmissores, hormônios participam da formação da memória, relacionando-se aos seus aspectos emocionais (ROESLER e QUEVEDO, 2002).

O que está nas bases da formação das memórias, em relação à modificação das proteínas celulares, é um processo chamado de LTP (*long-term potentiation*, ou potenciação de longo prazo), quando a eficácia (intensidade e duração) de uma sinapse aumenta após breves períodos de estimulação, mantendo um sincronismo fortalecedor (BEAR et al., 2002), ou seja, há um aumento duradouro na resposta excitatória pós-sináptica. A atividade emparelhada entre neurônios pré e pós-sinápticos no hipocampo aumenta na força da transmissão sináptica, que pode durar muitos dias (SHATZ, 1992; FISCHBASCH, 1992), e esse tipo de sinapse é essencial na formação de memórias e aprendizagens.

O que não é ativado ao mesmo tempo é enfraquecido ou mesmo eliminado (inclusive receptores). O fenômeno de enfraquecimento da sinapse é conhecido como LTD (*long-term depression*, ou depressão de longo prazo), onde a intensidade do potencial de ação (impulso nervoso) do neurônio pré-sináptico não é seguida no pós-sináptico.

Os estudos sobre os resultados das lesões no hipocampo sobre amnésias de fatos/experiências após as mesmas, sugerem a participação de outras regiões do encéfalo nas aprendizagens e na consolidação de informações e de, posteriormente, sua recuperação pela memória. O circuito preciso em que as sinapses acontecem para a formação de memória ou de outras funções cognitivas são, ainda, objeto de estudos cuja complexidade não foi totalmente desvendada, principalmente no que diz respeito a qual célula responde e como é afetada pela ação de um dado neurotransmissor.

As observações sobre a vulnerabilidade do tipo de memória de longo prazo ou curto prazo a perturbações levaram à suposição de que as memórias seriam armazenadas como de curta duração e convertidas, gradualmente, em permanente por um processo de “consolidação da memória” (BEAR et al., 2002). O processo de consolidação pode ocorrer sem a intermediação da memória de curto prazo (fig. 2.10), e ambas, curta e longa duração, podem existir em paralelo (BEAR et al., 2002).

Como as funções mentais possuem mecanismos, tempos e áreas corticais específicos para processamento de dados recebidos (LYNCH et al., 1984; BEAR et al., 2002), “uma forma particular de informação provavelmente será armazenada nas partes do encéfalo que normalmente processam aquele tipo de informação (... e por isso) podemos esperar que diferentes partes do encéfalo participem em diferentes tipos de memória (BEAR et al., 2002, p.740)”.

Fig. 2.10: Esquema de consolidação da memória (Adaptado de BEAR et al., 2002 p. 743)

Por haver essa diferenciação de localização e participação de mecanismos neurais no armazenamento da informação, é que se fala em diferentes memórias. Donald HEBB (1949, apud BEAR et al., 2002), propôs que a representação de eventos externos na atividade cerebral se dá pelo grupamento de células neurais ativadas simultaneamente, isto é, a representação interna do objeto é mantida na memória de curto prazo, enquanto há reverberação das atividades (conexões) do grupamento. Assim, os estudos de Hebb sugerem que os traços de memória são amplamente distribuídos entre os neurônios de um grupamento, envolvidos na sensação e percepção do estímulo, que estão mais fortemente ativados. Desse modo, a destruição de uma parte das células do grupamento não eliminaria a memória, isto porque não são neurônios individuais que respondem a um estímulo especificamente, mas a ativação é distribuída por milhares de neurônios.

A memória distribuída garante uma “imunidade relativa” (BEAR et al., 2002) a perdas celulares: “os neurônios no encéfalo humano morrem diariamente e é provavelmente devido à natureza distribuída da memória que não perdemos de súbito a memória para determinadas pessoas ou eventos” (BEAR et al., 2002 p. 749).

2.5.4. Memória de trabalho

As definições sobre a memória de trabalho envolvem combinações entre atenção e recuperação instantânea de informações em uma complexa mistura de

dados sensoriais atuantes e conhecimento que se torna relevante, armazenado ao longo do tempo (GOLDMAN-RAKIC, 1992).

A memória de trabalho é a habilidade de reter temporariamente informações, enquanto acontece outra função cognitiva que irá usar essa informação. Também é definida como “uma fração da memória (...) uma parte especializada da memória de longo prazo (...) ativada mais recentemente (e) que transfere esses elementos ativados para dentro e para fora da memória de curto prazo (...) que entra na consciência imediata” (STERNBERG, 2000).

Anderson (1990b) atribui a definição da durabilidade das memórias e da velocidade de acesso às mesmas, à intensidade da ativação celular (fig. 2.11). Enquanto as células estão ativas, as memórias podem ser acessadas mais ou menos rapidamente; a intensidade da ativação determina o grau em que recuperamos as informações, em longo ou curto prazo. A memória de trabalho se caracteriza, assim, por sua capacidade de manter a informação (em uso) em alto nível de ativação, que permite um rápido acesso a ela.

	ALTA FORÇA	BAIXA FORÇA	
ALTA ATIVAÇÃO	Coisas bem aprendidas sobre as quais pensamos no momento	Coisas que acabamos de saber	} MT
BAIXA ATIVAÇÃO	Coisas bem memorizadas sobre as quais não estamos pensando MLP	Coisas que não conseguimos lembrar	

Fig. 2.11: Representação das memórias de longo prazo e de trabalho (Adaptado de ANDERSON, 1990b, p. 149)

Quando não usamos a informação acessada para a tarefa em curso, a ativação celular diminui rapidamente. Quando uma informação está fortemente consolidada (o que depende do quanto ela é repetida, conforme ANDERSON, 1990b), ela pode ser reativada rapidamente, mesmo depois de longo intervalo de tempo sem que seja utilizada. Memórias de fraca consolidação levam mais tempo para serem ativadas. A relação entre ativação celular e “força” (*strength*) de consolidação, determinam, assim, as memórias de longo prazo ou de trabalho (fig. 2.11).

A memória de trabalho tem um papel importante para a ocorrência de maneira integral, de outras funções cognitivas. Ela permite, por exemplo, retomar a

atenção e voltar ao início de uma tarefa interrompida, recuperando informações relevantes (ENGLE, 1996, GOLDMAN-RAKIC, 1992). Os exercícios utilizados no curso de Desenho da EPUSP, apresentados neste trabalho, ilustram a necessidade de lembranças de vários conceitos ligados à aprendizagem de Geometria e da percepção espacial.

Em tarefas que requerem habilidades espaciais, o indivíduo precisa acessar informações que, dependendo da natureza, irão requerer cálculos, fórmulas, imagens previamente aprendidas para usá-las na decodificação e integração das ações que irá desempenhar. No contexto da memória de trabalho, a informação que deverá estar à mão (forma, conceito, traço, cor, distância...) mudará continuamente, ou estará sendo atualizada, enquanto a tarefa é executada (DUFF e HAMPSON, 2002).

A memória de trabalho, por sua importância em funções cognitivas, também é fundamental para a atenção (KESNER, 1984; DEL NERO, 1997) e o estado consciente em qualquer evento, embora não se saiba, ainda, qual tipo de memória (curto ou longo prazo) explicaria melhor a consciência. É difícil imaginar que alguém possa estar consciente (ou atento) se não tem memória, sobre o que quer que tenha acontecido, por menor que seja sua duração (CRICK e KOCH, 1992).

2.5.5. Memórias visual e espacial

Segundo ANDERSON (1990b), várias pesquisas sugerem que, as imagens mentais (representação do conhecimento visual, de objetos, ambientes, etc...) podem ser visuais e espaciais, a primeira envolvendo propriedades visuais (por exemplo, cor, forma) e a segunda espacial (por exemplo, distância, localização), ocorrendo em regiões diferentes do encéfalo. A memória para informações visuais (análogas aos objetos e ambientes físicos) parece ter uma capacidade maior do que para as informações verbais (simbólicas), por exemplo, embora a evocação seja melhor para representações abstratas, sobre o significado da imagem, do que para seus detalhes ou relações espaciais: “tendemos a lembrar o significado da figura, não a figura física” (idem, p. 117).

STERNBERG (2000) sugere que o significado (que apresenta como “expectativa conceitual”) das imagens influencia as suas representações: “as pessoas tendem a distorcer seus próprios mapas mentais (...) tais como tender a imaginar ângulos retos, formas simétricas, limites verticais ou horizontais (não-obíquos) e

figuras e objetos bem-alinhados (...) a agrupar os pontos de referência semelhantes, separar os diferentes e modificar suas posições relativas para adequá-las ao conhecimento conceitual sobre esses pontos de referência.” (p. 181). Tais influências agiriam sobre o armazenamento e consolidação das memórias sobre objetos e ambientes. O teste de STROOP (1935, apud STERNBERG, 2000) sugere essa interferência (entre outras) da representação conceitual sobre a representação imagética, mostrando a dificuldade de muitas pessoas em identificar o nome da cor pela cor da tinta com a qual é escrita (fig. 2.12).

a) Leia esta lista de nomes de cores o mais rápido possível, da direita para a esquerda em cada linha.

Vermelho	Amarelo	Azul	Verde
Azul	Vermelho	Verde	Amarelo
Amarelo	Verde	Vermelho	Azul

b) Nomeie estas etiquetas coloridas o mais rápido possível, da esquerda para a direita em cada linha.

c) Nomeie o mais rápido possível a cor de tinta com a qual cada palavra foi impressa. Nomeie da esquerda para a direita em cada linha.

Vermelho	Azul	Verde	Amarelo
Amarelo	Vermelho	Azul	Verde
Azul	Amarelo	Verde	Vermelho

Fig. 2.12: Teste de atenção visual seletiva (adaptado de STERNBERG, 2000, contracapa)

Resultados de pesquisas realizadas durante as décadas de 70 a 90 do século passado, sugerem que o desenvolvimento da compreensão das relações espaciais para orientação e manipulação mental de imagens de objetos inicia-se na infância e tende a aumentar a medida que o indivíduo amadurece. As experiências que levam ao desenvolvimento da percepção viso-espacial criariam padrões de representação armazenados na memória, e uma automatização crescente de ativação de alguns

deles (como rotação mental) mesmo em casos de tarefas que exigem transformações múltiplas. O envelhecimento e seus efeitos gerais interfeririam nas representações viso-espacial (STERNBERG, 2000).

2.6. Memória, aprendizagem e solução de problemas

O córtex pré-frontal está envolvido com aprendizagem e memória (entre outras funções cognitivas), o que foi evidenciado por estudos realizados com testes de resposta com retardo, aplicadas em macacos. Tais testes consistiam em apresentar a colocação de alimento sob um de dois objetos idênticos em uma mesa; após um período no qual o animal não pode ver a mesa, ele deve escolher o objeto que contém o alimento. O período de retardo (duração da ocultação do objeto), é aumentado gradativamente. Os macacos que apresentam lesões pré-frontais, apresentam pior desempenho para escolha do objeto correto, quando o período de retardo é aumentado.

Os resultados medidos em testes dessa natureza sugerem que os neurônios das regiões corticais que retêm informações relacionadas à memória de trabalho, necessária para a tarefa em curso, têm sua atividade aumentada durante o período de retardo, devido ao tempo necessário de retenção para fazer a escolha (tomada de decisão e localização espacial) correta após aquele período.

Em humanos, a associação de lesões no córtex pré-frontal com as dificuldades de memória de trabalho para resolver problemas é feita com o uso do teste de Wisconsin (BEAR et al., 2002), de ordenação de cartas. O teste consiste de apresentar várias cartas que devem ser ordenadas, primeiro pela cor. Depois de respostas corretas a ordenação deve ser feita por categorias que irão mudando, tais como forma, número de símbolos. A pessoa não é informada sobre a categoria a ser utilizada (o que deve ser aprendido pela informação dos erros cometidos numa sequência de ordenações), que é alterada após 10 acertos. As alterações exigem do indivíduo testado o uso da memória de cartas e dos erros cometidos para poder planejar e prever a próxima ordenação.

As pessoas que apresentam lesões pré-frontais apresentam dificuldades em acompanhar as alterações nas categorias de ordenação, continuando a ordenar as cartas com base em regras não mais utilizadas, o que significa não usar informação recente (dados na memória de trabalho) para alterar suas respostas, ou não retomar

de um ponto anterior, voltando sempre ao início, demonstrando que não conseguem aprender com as experiências recentes (BEAR et al., 2002).

2.7. Seletividade, limites e diferenças individuais na memória

Ao que parece, a memória apresenta uma seletividade devido a uma saturação natural (IZQUIERDO, 2000; RADVANSKY e WYER, 1994) das áreas envolvidas, ou seja, nos processos bioquímicos de formação e evocação de memórias em grupos celulares no SNC. Assim como não é possível lembrar-se de tudo, pois os arquivos têm limites de capacidade, também nos lembramos de situações agradáveis (ou, ao menos, entendidas como tal, se comparadas a situações atuais envolvidas em sensações negativas do tipo insegurança, dor) – acontecimentos pessoais acompanhados de forte carga emocional - com mais facilidade em função da atividade neural que garante memorizações.

As diferenças na capacidade de armazenamento de informações dos dois grandes sistemas que, embora não possa ser precisada (HEWETT, 2002), permitiria afirmar que a memória de longo prazo tem um limite maior, mais alto e as de curto prazo apresentam uma grande variação de velocidade e facilidade na aquisição de novas informações, dependendo da natureza da tarefa em curso, atenção, domínio e outras funções cognitivas.

Sobre a transferência de informação entre um e outro sistema (assunto que apresenta controvérsias) há os que sugerem que a memória de curto prazo seria parte da memória de longo prazo, ativada constantemente (BEAR et al., 2002). A ativação decai com o tempo e a informação é perdida da memória de curto prazo - a menos que seja constantemente apresentada ou recuperada. As diferenças de capacidade na memória de trabalho seriam uma das explicações para as diferenças individuais de aprendizagem e resolução de problemas (RICHARDSON, 1996).

2.7.1. Capacidade/limites

Para alguns pesquisadores (ENGLE, in RICHARDSON, 1996, ENGLE e HAMBRICK, 2002) haveria um mecanismo comum, que seria um componente da cognição (geral), estabelecendo a relação entre a tarefa em curso e as representações

recuperadas pela memória de trabalho. Assim, o nível de habilidade no desempenho de tarefas cognitivas, refletiria a capacidade da memória de trabalho. Essa capacidade é medida em testes como os de leitura, audição e compreensão de textos (ENGLE, in RICHARDSON, 1996), onde se estuda a correlação entre a capacidade de memória para detalhes da linguagem (como concordância, pronomes) e a habilidade demonstrada para a compreensão do texto lido.

Outros testes descritos por ENGLE (in RICHARDSON, 1996; ENGLE e HAMBRICK 2002), que evidenciarão a correlação entre a capacidade da memória de trabalho e a habilidade corrente, seriam por exemplo, o de seguir direções, onde indivíduos com maior capacidade de memória de trabalho são mais capazes de seguir orientações para localizar-se do que os que apresentam uma capacidade menor. Também os testes de vocabulário (aprendidos pela audição e leitura em contextos variados), ajudam a medir a compreensão de seu significado, ou seja, quando se tem mais elementos sobre um determinado contexto em sua memória de trabalho, melhor o desempenho na utilização do vocabulário adequado ao contexto em curso.

Neste caso, a memória de trabalho é fundamental para a “integração semântica” (RICHARDSON, 1996). Do mesmo modo, para escrever enquanto são manipuladas informações da memória de trabalho, o desempenho de indivíduos com domínio de vocabulário e de redação é maior do que os daqueles que não têm uma boa capacidade de MT. Isto significa que a memória de trabalho reflete a habilidade de manter a informação “em um estado ativo durante um processo em curso (...). Alto nível de capacidade de memória de trabalho deve, então, amplificar o domínio de conhecimento em uma tarefa cognitiva” (ENGLE e HAMBRICK, 2002).

ENGLE (in RICHARDSON, 1996) estabelece uma série de considerações sobre as diferenças individuais de limites na capacidade de trabalho, entre elas a de que o conteúdo da MT constitui-se de unidades de conhecimentos permanentes ou temporários armazenados na memória de longo prazo e que são ativados na execução de uma tarefa - o que a torna uma “extensão do conceito” (idem, p. 91) de memória de curto prazo. O nível de ativação das unidades seria variado: cada indivíduo tem o seu limite de ativação, independentemente de estados de atenção e consciência. Assim, a suposição que sustenta a Teoria da Capacidade Geral idealizada por ENGLE (in RICHARDSON, 1996), é a de que diferenças individuais de capacidade da memória de trabalho são “o resultado do número de unidades da

memória de longo prazo que vão sendo ativadas a partir do disparo de uma unidade inicializadora” (idem, p. 91).

Modelos teóricos considerados tradicionais na abordagem da capacidade da memória de trabalho indicavam limites, inclusive em função da idade, para a mesma (LIEURY, 2001; MILLER, apud LOGIE, 1996) o que foi adotada por alguns educadores para criticar a extensão do conteúdo de algumas disciplinas, como por exemplo geografia, quando a criança tem que “decorar” o nome de rios e seus afluentes, estados, países, capitais (LIEURY, 2001), além de ter que saber de cor outras listas, fórmulas, tabelas (como a de elementos em química) de outras disciplinas.

Na década de 1950, George Miller (RICHARDSON, 1996; LIEURY, 1997; 2001) escreveu um artigo intitulado “*The magical number seven plus or minus two*” argumentando que a capacidade da memória de trabalho se limitava a certo número de unidades de informação possíveis de serem alocados em espaços (*slots*) limitados, cuja extensão seria determinada pela eficiência do processo cognitivo, variando em função de treino e domínio em determinada área.

Embora ainda não seja possível determinar, quantitativamente, seus limites, sabe-se que a memória humana os tem e que o armazenamento temporário de informações assume um papel fundamental na recuperação de dados e informações representadas na memória de longo prazo (RICHARDSON, 1996).

Algumas doenças e algumas situações (uso de drogas, choque térmico, golpes, ingestão de toxinas) que provocam lesões cerebrais causam danos sérios à memória, como ocorre com concussão, alcoolismo, tumor cerebral, acidente vascular cerebral (AVC), mal de Alzheimer, esclerose múltipla. A amnésia decorrente, em geral, é acompanhada por outros déficits não-relacionados diretamente à memória. Os problemas de memória dissociados de quaisquer outros déficits permitem uma relação clara com lesões cerebrais, que podem provocar perdas, de diferentes graus de gravidade, de fatos anteriores (amnésia retrógrada) ou posteriores (amnésia anterógrada) ao trauma que provocou a lesão. As lesões provocam interrupções ou lentidão no fluxo sanguíneo cerebral, notadamente nas estruturas essenciais para o aprendizado e memória.

Em jovens adultos é comum confundir-se distúrbios de concentração ou atenção com os de memória, sendo que os primeiros são mais comuns (SELKOE, 1992).

Para os problemas de déficits de memória, medicamentos ou substâncias que ajudem a minimizá-los ou eliminá-los, são considerados, por muitos como “especulações” com fins comerciais, embora o conhecimento que se tem atualmente sobre os mecanismos neurais e a ação dos neurotransmissores possibilitem a esperança de correção ou um alívio desses problemas (HALL, 2002). O que neurologistas e pesquisadores da memória aconselham para preservar e manter uma memória saudável é procurar associar informações, relacionando antigos conteúdos com novos, repetir e analisar eventos que precisam ser lembrados, revisar conteúdos, usar ilustrações e esquemas, imagens mentais que representem o que deve ser memorizado, evitando estímulos visuais e auditivos em demasia, pois estes dispersam a atenção mais facilmente.

2.7.2. Diferenças de gênero

Os estudos que dão conta da diferença entre sexos abordam atividades cerebrais em geral, assumindo que tais diferenças existem, ainda que mínimas, assim como são observáveis na conformação física ou no sistema reprodutivo: estudos sobre “aspectos da base fisiológica para essas variações (assim como sobre) efeitos de hormônios na função cerebral ao longo da vida, sugerem pressões evolucionárias (aliadas a aspectos sócio-culturais) dirigindo as diferenças permitindo, no entanto, um degrau de flexibilidade nas habilidades cognitivas entre os sexos”, segundo KIMURA (1992 p. 135), uma pesquisadora das bases neurais e hormonais das funções intelectuais. Isso explicaria, ainda, as diferenças individuais em uma mesma habilidade, como por exemplo, homens apresentarem desempenho melhor em algumas tarefas espaciais (observando-se a influência da experiência, referentes à cultura e ao tempo histórico em que os indivíduos crescem).

Algumas diferenças são apontadas após a puberdade, mas a maioria se manifesta desde a infância, o que indicaria a influência da extensão e ou intensidade da experiência (ou da socialização) nessas tarefas, como por exemplo na prática de esportes.

De acordo com KIMURA (op. cit.) os homens apresentam resultados melhores em testes que requerem a rotação mental de objetos, assim como em localizar-se em um caminho, para guiar ou interceptar projéteis. Por outro lado, as

mulheres desempenham-se melhor em testes de combinação de itens (velocidade perceptual), fluência verbal, para encontrar palavras que comecem por uma letra qualquer, em cálculos aritméticos (não em raciocínio matemático), na memorização de paisagens em uma estrada, mostrando-se mais rápidas/ágeis em testes que requerem movimentos finos (precisão manual).

A orientação espacial em adultos aponta diferenças entre a maneira como homens e mulheres se localizam: KIMURA (1992) apresenta os resultados de um teste onde homens e mulheres aprendem a seguir uma rota em um mapa, onde os homens aprendem o caminho em menos tentativas e com menos erros que as mulheres, e as mulheres, uma vez que aprendem a rota, tendem a usar a paisagem como estratégia de orientação, ao contrário dos homens que se valem de coordenadas (norte, sul, esquerda, direita, distância, velocidade, etc.).

Testes de memória para lembrança de objetos e sua posição em um espaço confinado realizados por KIMURA (1992), sugerem que homens e mulheres são igualmente precisos para recordar onde e como o objeto estava disposto.

As diferenças para memorização, solução de problemas (como rotação mental de objetos) e outras funções mentais, seriam o resultado de um paralelismo existente entre a formação encefálica, organização neural, meio, e a produção de hormônios sexuais (RESNICK, 1993), que influenciariam, em tempos diferentes, mudanças bioquímicas ao nível celular e que irão inclusive, influenciar outras diferenças anatômicas e comportamentos (como a agressividade).

Para os seres humanos, as diferenças de tamanho em partes ou áreas do encéfalo (como ocorrem com os machos de aves, por exemplo, que têm o hipocampo maior que os das fêmeas) ainda não são totalmente conhecidas. Tais diferenças de formação, para alguns pesquisadores explicariam, ainda, a variedade na adoção de estratégias na solução de problemas espaciais por homens e mulheres (RESNICK, 1993).

Muitos estudiosos das diferenças sexuais relacionadas às bases cerebrais, apontam uma assimetria na organização dos dois hemisférios cerebrais (maior nos homens que nas mulheres) para a fala e localização espacial, baseados em lesões que afetariam mais os homens que as mulheres. Por exemplo: KIMURA (1992) cita testes onde os sujeitos devem construir blocos usando um modelo visual, a fim de comparar a influência de lesões e a dependência das mulheres em relação às partes anterior ou posterior de ambos os hemisférios para realizar tal tarefa. O desempenho

das mulheres fica prejudicado quando as lesões são na região anterior do hemisfério direito, mais do que se fosse na região posterior. Para os homens acontece o contrário: são mais afetados em tarefas visuais quando a lesão se dá na parte posterior.

Estudos posteriores aos de KIMURA e seus colaboradores (TOTTENHAM et al., 2003), usando testes em situações reais (ao contrário de aprender rotas usando mapas e esquemas, por exemplo) apontam vantagens para as mulheres em tarefas de representação espacial, tanto em ambientes estáticos como dinâmicos, como a lembrança de paisagens e no reconhecimento de objetos desordenados.

As pesquisas citadas, sugerem, enfim, haver diferenças na maneira como homens e mulheres resolvem problemas espaciais, que partem do próprio conceito de espaço, que recebe “diferentes interpretações [ocupar, mover, interagir no espaço]” (WHISHAW e CIOE, 1994) e, dependendo da interpretação e experiências, as representações do mesmo seriam diferentes e alocadas em diferentes “memórias”, sugerindo, também, diferenças até mesmo na orientação espacial (WALLER et al., 2002). Daí porquê (...) “é difícil definir (...) como o cérebro codifica a informação espacial” (WHISHAW e CIOE, 1994). Ou seja, a definição de espaço enquanto conceito de processo mental, é de difícil compreensão (KAWANO e VELASCO, 2001).

2.8. O envelhecimento da memória

O desaparecimento (morte) de neurônios acontece em áreas, quantidades, e tempos desiguais. O envelhecimento sozinho, normalmente, provoca o desaparecimento de não muitas células, comparando-se à quantidade destruída por doenças como o Parkinson (cerca de 70% das áreas responsáveis pelos movimentos). No sistema límbico, essencial para a memória, aprendizagem e emoções, o hipocampo perde cerca de 5% dos seus neurônios a cada década, a partir dos 50 anos, o que não representaria “declínio significativo” (SELKOE, 1992, p. 135), principalmente se levarmos em conta a plasticidade das conexões neurais e a possibilidade de alterações na citoarquitetura, via intervenções químicas (HALL, 2002).

Testes em que os sujeitos são solicitados a lembrar da localização de objetos (exigindo atenção e memorização), áreas do córtex pré-frontal e regiões ligadas à

visão são ativadas juntas. O avanço da idade afeta as redes neurais dessas regiões prejudicando a codificação e retenção de informações espaciais. Como consequência, a memória espacial dos mais velhos apresenta déficits. Mas, em comparação com jovens adultos, quando não há limite de tempo para “treinar” a localização, idosos apresentam resultados tão acurados quanto os de pessoas mais novas nos testes de memória espacial (MULLER e KNIGHT, 2001).

Aparentemente, o declínio na velocidade para processar informações e realizar tarefas cognitivas a partir da meia-idade ocorre particularmente nas tarefas que dependem da memória de trabalho (ENGLE, in RICHARDSON. 1996).

Novas descobertas sobre os mecanismos moleculares, durante o envelhecimento, em cérebros saudáveis e lesionados, permitirão o surgimento de drogas para o tratamento de problemas cognitivos que surgem com o avanço da idade.

Capítulo 3

SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

*as idéias estão no chão
você tropeça e acha a solução
(TITÃs, 1997)*

Resolver problemas não é só uma função feita de “achados”, onde atua apenas a criatividade. Também não pode ser considerada uma espécie de simples recordação (*recall*), de recuperação de dados da memória: ela “requer que as pessoas façam mais do que ter uma simples idéia” (DOMINOWSKY e DALLOB, in STERNBERG e DAVIDSON, 1995, p. 36).

Solução de Problemas é uma função mental da qual outras como a memória, a atenção, o domínio, o raciocínio, tomada de decisão, são partes (DAEHLER, 1994, MAYER, 1981), ou “uma capacidade que envolve um modelo de processos intelectuais complexos” (LURIA, 1990, p. 157). Por esse motivo, cada função envolvida na solução de problemas deve ativar a área do cérebro correspondente à mesma, inter-relacionando-as à medida que são requisitadas na execução da tarefa em curso.

Alguns autores (DAS et al., 1998) colocam a solução de problemas na posição de participante desses processos, tais como a solução de problemas sendo uma fase para a função de planejamento. Por ser uma atividade mental complexa, há implicações decorrentes de estudos sobre as várias funções mentais para sua definição e para conclusão a que muitos chegam, sobre ser ela um processo que depende do conteúdo e dos esquemas que o põem em funcionamento e que não poderia ser descrito por regras formais (CARRETERO e MADRUGA, 1984).

Estudos que pretendem explicar o(s) processo(s) envolvido(s) na resolução de problemas sugerem a adoção de diferentes estratégias, que estariam de acordo com a representação mental que o indivíduo tem do problema, ou de acordo com sua natureza, e dependeriam de domínio em determinada função mental “requisitada” na busca da solução.

No Brasil, o desenvolvimento da habilidade em resolver problemas para alunos do ensino fundamental, médio e também para os futuros engenheiros, e seu

uso como estratégia de ensino, são temas recorrentes nas diretrizes curriculares propostas pelo MEC para esses níveis de ensino e para a graduação em Engenharia (MEC, 1998; 2002).

A solução de problemas é um campo que chama a atenção porque “é na maneira de enfrentar e resolver situações problemáticas que se manifestam as capacidades cognitivas de nossa espécie” (CARRETERO e MADRUGA, p. 185) e é através dessa função que a cognição é organizada e motivada (DAEHLER, 1994).

Os problemas têm amplitudes e variações; geralmente são definidos como algo a ser atingido (meta, objetivo), mais ou menos definido, sem um caminho claro sobre como chegar a ele (CARRETERO e MADRUGA, 1984), e que requer um plano para ser atingido (DAEHLER, 1994).

Se “na maneira de enfrentar e resolver situações problemáticas se manifestam as capacidades cognitivas de nossa espécie” (CARRETERO e MADRUGA, p. 185), os estudos sobre a solução de problemas oferecem informações relevantes sobre muitas funções mentais.

3.1. Bases teóricas

Os estudos sobre a solução de problemas começaram com pesquisadores da Gestalt, por volta da década de 30 do século passado, em laboratórios onde eram aplicadas tarefas consideradas simples, a fim de analisar os processos cognitivos (descoberta, lógica, cálculo) subjacentes à busca por soluções em problemas do tipo Torre de Hanói (fig. 3.1.), ou dos seis palitos (fig. 3.2.) .

A abordagem da Gestalt (forma) baseia-se na concepção de que os fenômenos psicológicos são melhor compreendidos quando “os consideramos como um todo organizado e estruturado, não quando os decompomos em partes” (STERNBERG, 2000). Problema, segundo essa escola, é “quando algo (na situação) desencadeia um processo de pensamento”, cujas características determinam passos e operações para sua solução. O problema e a solução seriam “representações mentais resultantes da percepção da situação-problema” (LEME, 1993, p.2)

Fig. 3.1: Torre de Hanói (Reproduzido de: www.ime.usp.br/~leo, 2003)

A tarefa na Torre de Hanói consiste em mover os discos do primeiro para o terceiro pino, usando o do meio como intermediário respeitando certas regras: mover um disco por vez, nunca colocar um disco maior sobre um menor, nem movimentar uma peça que esteja abaixo de outra (BRANDÃO, 2003).

O problema
Dados seis palitos, dispô-los de modo a formar quatro triângulos equiláteros, tendo cada lado um palito.

A solução
Alguns sujeitos pegam os seis palitos

E formam um quadrado com um x dentro;

Todavia esta solução não é aceitável porque os triângulos não são equiláteros (têm um ângulo de 90°). Para resolver o problema a pessoa precisa pensar tridimensionalmente, fazendo uma pirâmide de base triangular com um ponto médio a partir da base:

Fig. 3.2: Problema dos seis palitos (Reproduzido de: MAYER, 1981, p.

76)

O problema dos 6 palitos ilustra a necessidade de reorganização da situação, provocando mudanças na maneira das pessoas resolverem problemas, e as fases que fazem parte do processo (MAYER, 1981):

- preparação – reunir informações e tentar soluções;
- incubação – deixar o problema (e procurar outras atividades);
- iluminação – encontrar a solução e
- verificação – conferir, validar a solução.

Nas décadas que se seguiram, as tarefas utilizadas nos testes tornaram-se mais complexas, com estudos focados em diferentes domínios e introduzindo modelagem computacional, a partir da conclusão de que os processos cognitivos na solução de problemas complexos diferem de acordo com a especialidade ou níveis de domínio: “a variação na velocidade da solução ou probabilidade dela ocorrer pode refletir a complexidade do processo de solução necessário ou o grau de interferência do conhecimento durante seu processo” (DOMINOWSKY e DALLOB, in STERNBERG e DAVIDSON, 1995, p. 37).

3.1.1. Definições de problema

A definição de **problema** recebe distinções de acordo com a exigência da solução. Assim, quando sua solução exige raciocínio (CARRETERO e MADRUGA, 1984), há problemas fechados, bem definidos – em que toda informação relevante é apresentada em uma estrutura lógica bem definida; e há os problemas geradores, ou mal definidos – que exigem do sujeito produzir, por si mesmo, informações para encontrar a solução. Dentre os problemas (mais ou menos) fechados encontram-se os que requerem lógica, probabilidade e indução, como os problemas de Geometria.

Problemas de lógica, em geral, pedem a construção de uma resposta e não simplesmente “uma avaliação entre várias alternativas (CARRETERO e MADRUGA, 1984), como por exemplo, os de diagramas espaciais, de estabelecimento, comprovação e compreensão de relações entre termos e de suas conectivas, como nos exercícios do tipo se-então. Nestes casos os sujeitos podem incorrer em erros quando fazem interpretações inadequadas das proposições, muitas vezes decorrentes de deficiências na elaboração destas, isto é, não fica claro para o sujeito “qual é sua tarefa” (CARRETERO e MADRUGA, 1984). A clareza sobre a tarefa solicitada seria um importante auxiliar para o raciocínio e estabelecimento de planos. MAYER (1981) resume o conceito de problema, que deve ter três características: dado/estado, meta e obstáculos.

Muitos dos problemas fechados requerem o uso de analogias (indução), exigindo do sujeito codificar os elementos, identificar premissas inadequadas, comparar e eliminar as que não se relacionam com os objetos/eventos análogos. Experimentos com problemas de lógica sugerem, ainda, que os sujeitos raciocinam melhor quando as premissas envolvem conteúdo concreto e não abstrato (CARRETERO e MADRUGA, 1984), indicando as diferenças na maneira de raciocinar dos sujeitos e até para um mesmo indivíduo em diferentes situações, ou idades. Como exemplo, STERNBERG (apud CARRETERO e MADRUGA, 1984) em um estudo de analogias com figuras, sugere que adultos são mais exaustivos nas analogias que os mais jovens.

A busca por solução com o uso de probabilidade segue os princípios de lógica e estatística e não impedem a ocorrência de erros, pois os indivíduos são influenciados, de várias maneiras e por vários fatores, em suas respostas.

ANDERSON (1990, p. 192), usa o termo Solução de Problemas em um sentido “genérico (...) para complementar a decisão sobre qual ação tomar. (A tomada de decisão) enfatiza a avaliação de alternativas, enquanto que a pesquisa sobre solução de problemas, tradicionalmente, foca a seqüência de disparos combinados de ações que ocorrem na busca para a solução.” Ou seja, segundo este autor, tais pesquisas apontam tarefas como jogos e quebra-cabeças (Torre de Hanói, xadrez, cubos), ou atividades escolares (Matemática) na abordagem de solução de problemas, que envolvem o uso de regras, sem considerar que solução de problemas necessita de várias outras considerações, mas vê nelas um valor prático para o ensino, como por exemplo para estudantes de física (MEC, 1998, 2002; COSTA e MOREIRA, 2002).

Para ANDERSON, tais tarefas de busca por soluções podem ser otimizadas com o uso de sistemas computacionais, que considerem quais são os objetivos, a estrutura do ambiente e também os limites computacionais (como a capacidade de memória). Ainda para este autor é importante levar em conta o que se pretende, recorrer à conhecimentos prévios, considerar causas possíveis do problema, esforço a ser dispendido. Do ponto de vista do processamento das informações, a capacidade de memória de curto prazo possui limitações na tarefa de solução de problemas e, por isso, também deve ser considerada.

NEWELL e SIMON (1972) desenvolveram um modelo teórico sobre o comportamento adulto na solução de problemas, explicando-o em termos do

processamento da informação usando o computador como metáfora, para descrever os mecanismos utilizados pelo ser humano. Para esses autores problema é entendido como busca (REISBERG, 1997).

O modelo, construído sob a influência do desenvolvimento da inteligência artificial, descreve o problema como um “espaço” (*problem space*) onde vários estados do conhecimento do solucionador (*problem solver*) estão representados. Nesse espaço ocorrem as modificações e interações nos estados e que são produzidos por um conjunto de “operadores” (ações de transformação de estados, conforme ANDERSON, 1995). O espaço do problema estaria na lacuna (*gap*) entre um estado inicial e um estado a ser atingido. A solução seria a aplicação de operadores adequados (sem violar suas condições) para completar uma série de estados até que a lacuna seja eliminada.

A experiência com a solução de problemas, para os autores, organiza os conhecimentos e informações necessárias sobre as características de determinados problemas e de operadores, facilitando soluções futuras, isto é, permite a construção de esquemas que seriam armazenados na memória. Desse modo, alguns problemas tornam-se tão familiares que o solucionador irá resolvê-los quase que automaticamente (como fazem os jogadores de xadrez experientes). A contribuição do modelo dos autores é importante na área de inteligência artificial, principalmente quando se pensa na interação necessária entre homem e máquina, facilitando, por exemplo, o trabalho ou a tarefa de cálculos extensos e de armazenamento de informações, principalmente considerando-se os limites da memória humana.

ANDERSON (1990) construiu um modelo matemático para a tarefa, levando em conta as propostas do que ele chama de ACT – *Adaptive Character of Thought*. Trata-se de uma “teoria sobre como as representações procedurais e declarativas são subjacentes ao processamento de informação” (1995, p. 427), usando-a para análise sobre custos e benefícios da utilização de solução de problemas com modelagem computacional. ANDERSON (1990b) define conhecimento procedural como aquele que diz respeito a desempenhos, atividades, procedimentos que podem ser executados (STERNBERG, 2000). O conhecimento declarativo refere-se a um “corpo organizado” (STERNBERG, 2000) de fatos e coisas. Este último pode ter representações de figuras mentais (sensoriais, objetos, eventos, ambientes...) ou formas mais simbólicas, como as palavras.

THAGARD (1998) também apresenta um modelo computacional (CRUM – *computacional representational understanding of mind*) para avaliar as funções mentais, onde a solução de problemas aparece como uma das funções superiores de processamento (algoritmos), como são a aprendizagem e a linguagem, que produzem os comportamentos das representações mentais (lógica, regras, conceitos, analogias, imagens e conexões neurais). Solução de problemas, para o autor, engloba três tipos de “soluções” (grifo meu) possíveis: o planejamento, a tomada de decisão e a explanação.

O planejamento requer um pensamento racional para “pensar sobre como sair de um estado inicial para chegar a um objetivo passando por estados intermediários” (op.cit., p.15). Isso implica que o solucionador deve saber a informação que descreve o problema, ou seja, saber estabelecer a seqüência a ser seguida para chegar ao alvo.

Na tomada de decisão é necessário decidir, entre as alternativas que aparecerem para chegar ao alvo, qual deverá ser seguida, isto é, decidir qual é a melhor seqüência de ações.

Na explanação o sujeito avalia o porquê de algo ter acontecido que tenha interferido na busca de soluções. A experiência com solução de problemas, para este autor e JOHNSON-LAIRD (1983), também auxilia resoluções futuras: “Quando uma pessoa resolve um problema habilita-se a aprender com essa experiência e então, o fará mais facilmente numa próxima vez” (THAGARD, 1998, p.16).

MAYER (1994) define solução de problemas como “atividade cognitiva direcionada para o atingimento de um objetivo” (1994, p. 599) e qualquer um que tenha um objetivo a atingir, sem saber como, é um “solucionador” (grifo meu).

A atividade de solução de problemas consiste em transformar o problema, definido como o estado atual, em estado de “objetivo” pretendido. Essa tarefa também é motivadora para mobilizar a ação do solucionador.

Ainda segundo MAYER (1994), solução de problemas é um processo cognitivo por ser uma atividade mental interna que transforma o problema em representação. Esta representação, por sua vez, só pode ser “inferida pelas ações do solucionador” (MAYER, 1981;1994, p. 600). Por essa característica, a solução de problemas também pode ser usada no sentido de pensamento e de cognição. É também considerado um “processo” (grifo meu) porque implica a manipulação de conhecimentos no sistema cognitivo.

Para MAYER (1994) a solução de problemas implica o uso de raciocínio (dedutivo e indutivo) em muitas situações, assim como o uso de regras e de procedimentos (em tipos de problemas específicos, como por exemplo, um problema de multiplicação). O solucionador é alguém capaz de reconhecer que o problema existe: o que para um pode ser problema para outro não, como por exemplo, um movimento memorizado por um jogador de xadrez experiente não é um problema para ele, mas pode ser para um novato.

A atividade de solução de problemas para MAYER (1994) não seria exclusiva dos seres humanos, mas também seria desenvolvida por alguns animais e por máquinas inteligentes, dotadas de programas capazes de apresentar soluções a partir de dados introduzidos “de fora”, como as que jogam xadrez ou fazem diagnósticos médicos.

Qualquer que seja a abordagem sobre solução de problemas, entende-se que todo problema requer um resultado que, para ser atingido, exige que certas condições sejam satisfeitas (DOMINOWSKY e DALLOB, in STERNBERG e DAVIDSON, 1995, LEME, 2001), ou que apresenta um estado, uma situação relevante para ser solucionada (ANDERSON, 1995).

3.2. Uso instrucional da solução de problemas

Os estudiosos da solução de problemas sugerem uma classificação útil, em termos de sua proposição, para ser considerada quando da elaboração de um problema com fins instrucionais, como **problemas bem definidos** e **problemas mal definidos**.

Para os problemas bem definidos, são dadas informações e operações bem especificadas, assim como um objetivo final claro. Em geral exige uma única resposta correta.

No caso dos mal definidos, acontecem incertezas sobre as informações necessárias e sobre as operações possíveis. Para buscar uma solução, tais problemas precisam ser reestruturados em subproblemas a fim de torná-los bem definidos. Parte da dificuldade em solucioná-los reside em identificar, exatamente, o que se espera como resposta.

As condições que determinam o objetivo principal do problema devem ser analisadas cuidadosamente pelo solucionador para que possa estabelecer as relações

necessárias entre seus componentes, isolar os essenciais e formular estratégias: “tal esquema determina a tática de raciocínio e escolha das operações que podem levar à tomada de decisão” (LURIA, 1990, p. 157).

O processo de solução de problemas envolve outros processos cognitivos (MAYER, 1981), entre eles:

- percepção – recepção e reconhecimento da entrada da informação;
- representação – codificação da informação;
- memória – recuperação (busca) da informação e
- manipulação – esforço em busca das informações aprendidas e lembradas.

Dependendo da natureza do problema, outros processos poderão ser ativados (MAYER, 1981) durante a manipulação (ou algum outro), constituindo o “pensamento”: associações, reestruturação do problema, elaboração de esquemas e comparações, etc.

George POLYA escreveu o livro que, traduzido em muitas línguas, tornou-se uma referência obrigatória (assim como são Mayer, Sternberg, Newell para o enfoque da Psicologia Cognitiva) para aqueles que se preocupam com solução de problemas enquanto ferramenta de ensino (MCALLISTER, 2002), principalmente na área das Ciências Exatas.

Seu livro *How to solve it: a new aspect of mathematical method* foi escrito em 1944, adotando o estilo norte-americano do “how to”, para ensinar estratégias para a solução de problemas de Matemática. Em seu livro encontram-se mais sugestões práticas do que teorizações sobre a natureza do problema ou conceitos sobre o seu processo enquanto função cognitiva. Algumas recomendações para a resolução de problemas de Matemática incluem a compreensão do problema, o estabelecimento de um plano, sua execução e um exame do resultado obtido.

O solucionador inteligente, como ele chama, após o exame do problema faz indagações em cada fase (do tipo qual é a incógnita, quais são os dados, as condicionantes), desenha figuras, adota notações (escolhe signos adequados) e deve querer “sinceramente” (sic, op. cit., p.103) chegar à solução. Para ser bem sucedido, deve ter conhecimentos prévios necessários para a fase de execução, “extrair da memória” (op.cit., p. 96) elementos e conhecimentos relevantes, raciocinar e ter domínio da linguagem, natural e Matemática (no caso). Os passos (fig. 3.3.) e questões para o exame do problema e busca da solução, propostos por POLYA (1995), devem ser considerados pelo professor na elaboração desses problemas, a fim

de evitar prejudicar sua compreensão, o que acarretaria em perda de interesse pela busca.

Fig. 3.3: Etapas na solução de problemas propostas por Polya (Reproduzido de: MAYER, 1981, p. 89)

Estudos sobre a solução de problemas para Matemática/Geometria enfocam os processos envolvidos, ou estratégias, como em POLYA (1995), muitos sugerindo uma relação entre habilidades necessárias, como a de orientação espacial, e o processo para resolução desses problemas (TARTRE, 1990).

A definição de habilidade espacial relaciona-se às funções mentais de compreensão, manipulação, reorganização e interpretação de relações visuais, ou seja, a capacidades de visualização e percepção espacial, rotação mental e de orientação. TARTRE (op. cit.) apresenta um estudo sobre essa relação, feito com crianças norte-americanas do equivalente ao ensino fundamental brasileiro (*middle school*), com capacidades verbais e de visualização espacial variadas.

Para esses estudantes foi pedido que desenhasssem e verbalizassem a solução para problemas espaciais. Por exemplo, os sujeitos devem verbalizar como resolvem um problema que pede para informar a área de um polígono irregular desenhado em uma folha pontilhada que lhes é mostrada (fig. 3.4.), sem fazer cálculos (a distância

entre os pontos é de 1 cm), ou responder se, para desenhar um quadrado de 2 cm^2 em uma folha pontilhada há outras alternativas além do uso de linhas horizontais e verticais.

Fig. 3.4: Problema para cálculo de área (Reproduzido de: TARTRE, 1990, p.222)

As respostas foram codificadas em categorias de acordo com o uso para a busca da solução: busca por semelhanças, divisão da figura em partes, movimentação mental da figura, inclusão de traços como parte do problema, esboçar as relações, etc. Estudantes com menor nível de habilidade de visualização espacial e maior habilidade verbal forneciam descrições mais detalhadas das informações relevantes; já os estudantes com maior capacidade de visualização e baixo nível de verbalização, transformavam melhor o problema em uma figura, com informações mais detalhadas para os problemas resolvidos corretamente.

Os resultados obtidos são considerados como indicadores gerais do modo como as informações são mentalmente organizadas a partir da habilidade espacial, quando a estrutura do problema é pensada em um formato espacial, como se mentalmente se formasse um quadro-negro onde os componentes do problema são

dispostos como árvores, diagramas e figuras que estabelecem as relações entre as informações.

O processo de perceber e assimilar figuras, ou formas, é uma maneira de abstração que envolveria, além da percepção, também a retenção na memória criando, assim, um padrão a ser usado na solução de problemas de Geometria. O estudo de TARTRE (1990) conclui que estudantes com desempenhos altos ou baixos em orientação espacial comportam-se de maneira diferente na solução de problemas matemáticos e indica haver, também uma diferença de desempenho atribuída ao gênero, embora esta não tenha sido especificada.

3.2.1. Estratégias gerais para solução de problemas

A descrição das estratégias sugeridas para a solução de problemas (em geral), relaciona-se com a ativação de outros processos cognitivos (MAYER, 1981; REISBERG, 1997), com observações sobre a necessidade, dependendo da sua natureza, de conhecimentos prévios ou domínio (POLYA, 1995; REISBERG, 1997, STERNBERG, 2000). E, independente de sua natureza, há diferenças de procedimentos e estratégias para sua solução que, dificilmente, podem ser descritas sob a forma de “procedimentos” padronizados, aplicáveis mecanicamente, em qualquer situação. Além disso, o uso rotineiro de algumas estratégias pode constituir “obstáculos” (STERNBERG, 2000) para a busca de solução, afetando a maneira como a pessoa representa o problema, provocando o que ele chama de *fixidez funcional* (não ver alternativas) ou estereótipos.

Dentre as estratégias sugeridas, úteis para fins didáticos como o de criar uma grade curricular, e para orientação de estudos, encontram-se (REISBERG, 1997):

- Busca – ao analisar o problema, o solucionador deve buscar o caminho que o leve até seu objetivo, ou final, ou a submetas. Neste caso, dado um estado inicial (informações, recursos), o solucionador deve mover-se até o objetivo, resolvendo, ainda, possíveis limitações, obstáculos, explorando cada etapa. Os movimentos dependem do que o solucionador planeja para cada etapa do seu caminho, avaliando as opções, como no jogo de xadrez.
- Heurística – este método promove descobertas e avaliações de estratégias utilizadas: a cada ponto que chega, o solucionador descobre e decide a direção a seguir. Muitas vezes esta estratégia requer que o problema seja abandonado, ou se

volte atrás, ou também que seja dividido em outros subproblemas para que possa ser resolvido por uma descoberta repentina de solução. Esta estratégia é considerada útil para resolver um problema do tipo Torre de Hanói.

- Criação de imagens e modelos mentais – muitos problemas podem ser mais facilmente resolvidos quando se cria uma imagem mental dele. Em problemas de arranjos espaciais é uma estratégia útil, quando o solucionador “visualiza” os elementos que constituem o problema (por exemplo, linhas, figuras, espaço) em diferentes posições e orientações.
- Esquemas e diagramas – a construção de esquemas e algoritmos auxiliam nas descobertas de relações entre os elementos e pode ser útil para aplicação nas estratégias de visualização mental ou busca. A elaboração de diagramas auxilia a organização de etapas, estabelecimento de submetas e também de seqüências.
- Analogias – a busca por problemas semelhantes e soluções encontradas anteriormente, auxiliam na compreensão do problema corrente. Muitas vezes a analogia (adequada) é considerada uma ferramenta de “ensino” importante, para ajudar a fixação de informações novas.
- Representação simbólica – a identificação e compreensão de notações simbólicas, grandezas, aplicáveis à situação, fazendo as devidas substituições, como por exemplo, escrever uma equação que represente a situação.
- Domínio – o domínio fornece as bases de conhecimentos necessários para outras estratégias, como busca, heurística e analogias.

3.3. As diferenças individuais na solução de problemas

As explicações sobre diferenças individuais relacionadas a aspectos cognitivos são cercadas de muita polêmica, e, muitas vezes estudos sobre uma função mental específica, como é o caso da memória, fornecem pistas ou indicadores sobre essas diferenças em outra função, como ocorre com memória e habilidade de orientação espacial, que pode, por sua vez, fornecer indicadores sobre outra função, como a de resolver problemas espaciais.

No caso de diferenças na solução de problemas os resultados buscam medir, domínio e velocidade, algumas vezes uso de estratégias, relacionando-as a gênero, ou idade, como costuma ocorrer com testes de leitura e compreensão de textos (NICKERSON et al, 1987; ANDERSON, 1995; DAS et al, 1998) ou ainda, a

transferência de aprendizagem (LAVE, 1991). Desse modo, um adulto de meia-idade que tenha domínio de Geometria, por exemplo, seria capaz de resolver um problema dessa área mais rapidamente que um jovem adulto com menos treino (sejam eles homens ou mulheres).

Além do domínio, diferenças culturais devem ser consideradas. Por exemplo, no caso de percepção de figuras geométricas, Alexander LURIA (1990) relatou pesquisas que comprovam a variação de percepção entre diferentes culturas: pessoas que vivem “em um mundo ‘tecnologicamente mais avançado’ (grifo do autor) tendem a isolar ângulos e linhas retas, enquanto outras, vivendo em condições culturais diferentes não fazem isso” (LURIA, 1990, p. 49), pois a percepção de formas dependeria da experiência prática. Testes aplicados para nomeação de figuras com estudantes e camponeses russos indicaram que os sujeitos com maior educação formal nomeavam as figuras por nomes de categorias (círculos, triângulos, reta), enquanto que os camponeses as nomeavam relacionadas a objetos conhecidos (prato, balde, régua), isto é, não efetuavam uma “avaliação abstrata” das figuras.

A solução de problemas (em que pese a natureza destes) relaciona-se, ainda, ao domínio (JOHNSON-LAIRD, 1983; KIMURA, 1992; STERNBERG, 2000)) e ao esforço, mais do que à qualquer diferença, seja de gênero, uso de estratégia, idade ou origem sócio-cultural.

STERNBERG (2000, p. 331) sugere algumas características que diferenciam expertos e novatos na solução de problemas, dentre elas:

- nível de conhecimento declarativo e esquemas sobre o domínio;
- nível de organização e interconexão do conhecimento;
- tempo dispendido na representação e na busca;
- nível de sofisticação da representação, baseado em similaridades estruturais;
- utilização da análise de meios e fins como estratégia sobressalente;
- quantidade de seqüências automatizadas dentro das estratégias;
- tempo para resolução sob condições restritas;
- capacidade de prever dificuldade de resolução para determinados problemas;
- alta precisão e adequação de soluções;
- flexibilidade para adaptar-se a novas informações adotando e adaptando novas estratégias.

3.4. O problema das representações espaciais

A Geometria trabalha com representações simbólicas, abstratas, relacionadas ao espaço e transmitidas em palavras específicas, como ponto, linha, sólido, segundo regras relacionadas a essa simbologia (KAWANO e VELASCO, 2001). O que percebemos através de nossos olhos “não é necessariamente o que compreendemos [em nossas mentes]” (STERNBERG, 2000, p. 110). Nossa mente é que manipula os dados sensoriais para “criar representações mentais de objetos, propriedades e relações espaciais” (idem). Assim, capacitar a mente para “ver” um objeto - tri-dimensional - a partir de sua vista ortográfica - bi-dimensional -, como no exercício da figura 3.6, ou como inferir um espaço tri-dimensional, ao qual estamos habituados para nossa orientação espacial desde a infância, a partir de uma representação bi-dimensional sem, por exemplo, “tropeçar nas ilusões perceptivas” (STERNBERG, 2000), como a da figura 3.5, é o desafio dos professores de Desenho em Engenharia.

Fig. 3.5: Escada perpétua (Reproduzido de: STERNBERG, 2000, p.117)

Para as representações 2-D de objetos 3-D como solicitado nas projeções em Engenharia, as informações de profundidade precisam ser especificadas de acordo com regras próprias, que permitam uma leitura comum da representação gráfica (tamanho relativo, perspectiva, localização no plano, textura) por aqueles que fazem uso e conhecem essas regras, ou seja, provoque uma percepção comum do objeto representado em relação a sua forma, tamanho, proporções, linhas e ângulos, de

modo que a representação “faça sentido”, tenha coerência na linguagem em que é expressa.

A compreensão dessa representação deve ser construída (não só a partir da informação sensorial), mas por outros processos, como o raciocínio, as memórias de informações provenientes de outros processos cognitivos que irão, futuramente, ser ativados na resolução de problemas sobre vistas ortográficas e Geometria Descritiva.

A utilização de exercícios, assim como a criação de sólidos com ferramentas computacionais, são recursos a que os professores de desenho recorrem para o desenvolvimento da capacidade de percepção espacial de seus alunos, manifesta na resolução adequada desses exercícios e na elaboração de projetos (PETRECHE et al., 1998; SANTOS e FERREIRA, 2000). Note-se que os exercícios de vistas e Geometria Descritiva (como os que constam da apostila Desenho para Engenharia, elaborada pelos professores de desenho da EPUSP), enquanto formulação, enquadram-se nos tipos de problemas bem estruturados, ou bem definidos, no sentido que exigem uma única resposta, também bem definida.

Durante a aplicação de exercícios (KAWANO et al, 2003) de vistas ortográficas (figura 3.6) e de Geometria (figuras 3.7, 3.8 e 3.9, considerados fácil, médio e difícil, respectivamente), para uma turma de alunos do primeiro ano da EPUSP, observando seus comentários e respostas sobre a maneira como tentavam resolvê-los, foi possível perceber que:

- os alunos que vinham de escolas técnicas (de nível médio), resolviam os exercícios mais rapidamente e apresentavam menos dificuldades (manifestadas por questionamentos feitos ao professor) na busca pela solução;
- muitos alunos procuravam um referencial “concreto” (por exemplo, estabelecer um plano de projeção usando a mesa e outro objeto sobre ela, formando ângulos) para “ver” a resposta solicitada (vista frontal, ou lateral ou superior). Esses alunos, de maneira geral, não apresentavam respostas adequadas, apesar de seus esforços para “enxergar”, num plano mais “real”, como diziam, as projeções a serem resolvidas.

Fig. 3.6: Exercício de vistas ortográficas (Reproduzido de: KAWANO et al., 2003, vol 1, p. 23)

Fig. 3.7: Exercício de Geometria “fácil” (Reproduzido de KAWANO et al., 2003, vol. 2, p. 19)

Determinar a distância entre a reta r e o ponto P usando o método da mudança de plano de projeção.

Fig. 3.8: Exercício de nível médio de dificuldade (Reproduzido de: KAWANO et al., 2003, vol. 2, p. 49)

Dois turistas estão discutindo se a rota de voo mais curta entre São Paulo (23deg Sul 46 deg Oeste) e Tóquio (35 deg Norte 139 deg Leste) passa por Los Angeles (34 deg Norte 118 deg Oeste) ou Nova Iorque (40 deg Norte 74 deg Oeste). Descubra quem tem razão usando a Geometria Descritiva. Para isso, resolva os seguintes problemas parciais:

1. Faça uma mudança de planos de projeção de modo que a reta que liga o centro da terra e São Paulo seja projetada como uma reta frontal no novo sistema.
2. Faça uma mudança de planos de modo que a reta que liga o centro da terra e São Paulo seja projetada como uma reta de topo.
3. Qual dos dois turistas tem razão?

Obs: o desenho do mapa da terra é apenas ilustrativo!

Fig. 3.9: Exercício de Geometria “difícil” (reproduzido de KAWANO et al., 2003, vol. 2, p.55)

Apesar de ser difícil estabelecer a trajetória percorrida (os exercícios foram resolvidos por um Professor de Desenho e por um Engenheiro formado há 23 anos), como sugerido por POLYA (1985), por exemplo, de identificar a incógnita, ou perguntar-se o que sei, o que preciso saber, ou identificar exatamente a(s) estratégia(s) adotada(s) pelo solucionador para a solução dos problemas aqui exemplificados, no caso do exercício da figura 3.6, percebe-se:

- procurar compreender o problema, como proposto em MAYER (1981) e POLYA (1995), é o primeiro passo. O que não se sabe é o que implica essa “compreensão”, por exemplo, separar e definir a incógnita, ou o que é pedido. Para o professor, ao resolver com os alunos, este passo poderia ser adotado, propondo questões a serem feitas para iniciar a busca, como: as figuras são de uma mesma e única peça?
- A compreensão do problema, para quem teve formação em Desenho Técnico (embora há muito tempo), demandou mais tempo: a formulação da questão (queixa da falta de elementos na representação, por exemplo, indicação de cortes por linhas tracejadas) provocou demora na decisão sobre iniciar a busca que se seguiu: por uma parte que tivesse letras e números e, depois, a procura por uma só com letras que apresentasse alguma correspondência para chegar à definição sobre se a primeira figura selecionada seria a vista F, S ou L e a segunda e terceira, que teriam uma relação, fossem as vistas que completavam o objeto.
- o recurso à memória, procurando semelhanças com ou o reconhecimento de exercícios/soluções anteriores, é uma constante, bem como a tomada de decisão para prosseguir com a busca. Uma questão para isso seria: quais são as duas figuras que seriam parte da figura 1 A? A questão seguinte seria: se ela for a vista frontal, quais outras figuras seriam as vistas S e L? Trata-se de uma busca por correspondências entre as demais figuras e a primeira selecionada para análise, descartando-se as partes que não se enquadrariam nas vistas da figura analisada. O reconhecimento de representações de objetos concretos já manipulados (como o de tubulações), atua como um facilitador para a tomada de decisão e busca, como ocorreu com a figura 6 R para quem executa projetos na construção civil.
- girar mentalmente, a 90°, cada vista, auxilia na visualização de partes da peça e da peça inteira. Ou seja, cada vista proposta, é girada mentalmente pelo solucionador, como tentativa de ver, em cada representação 2 D, sua parte frontal, superior e lateral. A rotação mental acaba por ser uma constante em situações cotidianas enfrentadas por engenheiros, de projetar peças ou ambientes e esse

“hábito” (grifo meu), incorporado a partir das experiências escolares, facilita a resolução, mesmo depois de muito tempo e é o segundo passo depois da compreensão da proposição do problema.

- A familiaridade com o tipo de representação (no caso, desenhos técnicos de peças) é outro auxílio importante, como ocorre com a familiaridade com a peça 8, sendo Y vista lateral, Q, superior e E, vista frontal., para quem está acostumado à representações de cilindros, o que pode também ser um recurso para analogias com peças “concretas”, como por exemplo, uma peça de tubulação.

Para os exercícios de Geometria Descritiva (figuras 3.7, 3.8 e 3.9), o domínio (de certo modo, a a utilização constante) dos conceitos e regras envolvidos, ou, da “linguagem”, é importante na leitura e interpretação da proposição. Esse domínio deve (ou deveria) ter sido adquirido na escolarização anterior ao ingresso na faculdade, o que, como já foi observado no primeiro capítulo deste trabalho, apresenta lacunas. Para a sua solução, as trajetórias são semelhantes às anteriores:

- compreender o problema, recorrendo à memória para evocar conhecimentos anteriores, como saber que uma reta paralela à π_1 tem projeção no plano π_2 paralela à linha da terra; um ponto tem projeções alinhadas, e se uma reta r passa por A e P , então a projeção r passa pela projeção de A e P ;
- no caso de quem depois de muito tempo resolve problemas de projeção definidos como “práticos”, como por exemplo, projetar a disposição de portas e janelas em uma superfície determinada, as proposições dos exercícios foram consideradas pouco informativas para saber o quê estava sendo pedido. Isso talvez seja uma explicação para o maior tempo necessário na compreensão do problema e para a evocação de aprendizagens anteriores.
- “visualizar mentalmente” as projeções, ou recorrer a objetos concretos, não auxiliariam a compreensão nem a busca; ao contrário, poderiam atrapalhar o raciocínio, a abstração, que são processos requeridos para esses tipos de problema. Isso foi manifestado por quem não está mais habituado a resolver problemas propostos de maneira considerada distante de situações concretas, como os exercícios das figuras 3.7 e 3.8. No caso do exercício da figura 3.8, por exemplo, a reta deve ser colocada em uma posição que seja “vista” como um ponto, o que é uma questão de memorizar as regras para “ver” a reta como ponto: transformar a reta em reta frontal (r_3); transformar a r_3 em um ponto (r_4) e, encontrar a distância (P_4 e r_4). Muitas definições e conceitos, ou mesmo regras, são convenções

arbitrárias, como é o caso de ponto e reta, mas que devem ser conhecidas pelo solucionador;

- o exercício da figura 3.9 trabalha com uma representação 2 D do que é um objeto 3 D, como o globo terrestre. A solução desse exercício (em termos de Geometria e não as da aviação comercial), passa pelo estabelecimento de um ponto de início na esfera, entendido como um eixo que irradia meridianos (o que acontece com os pólos terrestres); em seguida o ponto de destino é colocado na nova projeção e chega-se à solução: o caminho mais curto na esfera é o de seguir meridianos coincidentes. Na relação com o “concreto”, a figura do Globo Terrestre aparece mentalmente, mesmo que na proposição do problema não fosse apresentada. Neste caso, a figura não é “lida” no plano 2 D em que está representada: ela é transformada, mentalmente, em uma esfera. Dando-se os nomes aos pontos de partida (São Paulo), ponto intermediário (Los Angeles, Nova Iorque) e de chegada (Tóquio), chega-se à resposta correta, que é Nova Iorque.

A possibilidade de se definir as estratégias que auxiliam ou facilitam a solução (relações possíveis, buscas, informações a serem consideradas e ou desprezadas, decisões a serem tomadas, verificações) e apresentá-las demonstrando a resolução, feita de forma conjunta entre professor e alunos, poderia trazer grande contribuição para a aprendizagem, como proposto por PAAS e MERRIËNBOER (1994) no que se refere à solução de problemas de Geometria, pois possibilitaria a cognição experiencial e a reflexiva (NORMAN, 1993), isto é, propiciaria a vivencia da maneira como perceber e agir diante de tais problemas, adotando as estratégias adequadas a cada solução necessária.

Por outro lado, por se tratar de problemas que envolvem atividades de percepção e cognição variadas, que dificilmente podem ser separadas para servir de recomendação de “passos” a serem seguidos, a representação e busca conjunta pode se tornar um obstáculo para a maneira como cada aluno irá enfrentar novos problemas. De qualquer modo, o treinamento da abstração espacial, a prática de resolução pode ser a melhor maneira de levar ao domínio para interpretar e criar representações de elementos tridimensionais em espaços bidimensionais, isto é, para aplicações nos projetos em Engenharia.

REFERÊNCIAS

- AGRANOFF, B. W. Current biochemical approaches to memory formation. In: LYNCH, G.; MCGAUGH, J. L.; WEINBERGER, N. M. **Neurobiology of learning and memory**. New York: The Guilford Press, 1984. p.353-358.
- ALBERNAZ, J. M. **Categorização das formas geométricas: do protótipo ao conceito**. 1998. 320 p. Tese (doutorado). Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.
- ANDERSON, J. R. **The adaptative character of thought**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1990a. 276 p.
- _____. **Cognitive psychology and its implications**. New York: W.H. Freeman and Company, 1990b, pp.86-254.
- _____. **Learning and memory: an integrated approach**. New York: John Wiley & Sons, Inc. 1995. pp. 1-38; 153-210; 427-436.
- ANJOS, T.D.S. dos. Vendo, ouvindo e enxergando a geometria descritiva. In: **Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas Artes e no Desenho**, nº 3, CD-ROM, Ouro Preto, UFOP, 2000.
- BEAR, M.F.; CONNORS, B.W.; PARADISO, M. A. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 855 p.
- BELLEZZA, F.S. Chunking. In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.) **Encyclopedia of human behavior**. San Diego: Academic Press, 1994 v.1, p. 579-589.
- BERTOLOZZI, M.R., KAWANO, A. e MAFALDA, R.,. Estudos sobre o desenvolvimento da habilidade de visualização espacial no contexto do ensino de desenho. **Graf & Tec**, Florianópolis: Editora da UFSC, 2001 nº 9, p. 47-59.
- BRANDÃO, L. O. **Torre de Hanói**. Disponível em: <<http://www.usp.br/ime/~leo>> Acesso em: 15 set. 2003.
- CARRETERO, M.; MADRUGA, J. A.; G.(Ed.). **Lecturas de psicologia del pensamiento**. Madrid: Alianza Editorial, 1984. p19-45, 147-167, 185-194, 197-219, 299-320, 339-362
- CHAMLIAN, H. C. Histórias de vida e produção do saber: os relatos autobiográficos na formação dos docentes da universidade. Crêt-Berard, ASHV, 3-6 mai. 2000. /Palestra proferida por ocasião da **ASHIFV au passage du 21ème siècle conference 2000**. Crêt-Berard, 2000.
- CHENG, L.Y., Integração de graduação e pós-graduação no ensino de desenho para engenharia. In: **Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**, nº 28, CD-ROM. Ouro Preto, 2000. UFOP, 2000
- _____. et al. Projeto geométrico de uma barragem: uma experiência no ensino de desenho técnico. In: **Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**, nº 27. **Anais**. Natal, 1999.
- _____. et al. Avaliação da eficácia da reestruturação dos cursos de desenho para engenharia na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. In: **Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**, nº 27. **Anais**. Natal, 1999.
- CHIARELLO C. Semantic memory. In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.) **Encyclopedia of human behavior**. San Diego: Academic Press, 1994 v. 4, p. 99-108.
- CHOO, Chun Wei. **The Knowing organization: how organizations use information to construct meaning, create knowledge and make decisions**. Oxford: Oxford University Press, 1998.

- COSTA, S. S. C. da, MOREIRA, M.A. . **Resolução de Problemas IV: estratégias para resolução de problemas**. Porto Alegre (s.d.). Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol12/n3/article4.htm>> Acesso em: 12 abr. 2002.
- CIOE, J.; WHISHAW, B.; KOLB B. Brain. In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.) **Encyclopedia of human behavior**. San Diego: Academic Press, 1994 v.1, p. 425-434.
- CRICK, F. E KOCH, C. The problem of consciousness. **Scientific American**, v.267, n. 3, p. 153, set. 1992.
- CUMMINS, D.D. Analogical reasoning. In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.) **Encyclopedia of human behavior**. San Diego: Academic Press, 1994 v.1, p. 125-130.
- DAEHLER, M. W., Cognitive development. In: RAMACHANDRAN, V.S. (Ed.) **Encyclopedia of human behavior**. San Diego: Academic Press, 1994 v.1, p. 627-637.
- DAMASIO, A.R. E DAMASIO, H. Brain and language. **Scientific American**, v.267, n. 3, p. 89, set. 1992.
- DAS, J.P.; KAR, B.C.; PARRILA, R.K. **Planificación cognitiva: bases psicológicas de la conducta inteligente**. Barcelona: 1998, 207p.
- DEL NERO, H. S. **O sítio da mente**. São Paulo: Collegium Cognitio, 1997. 510 p.
- DOMINOWSKI, R. L.e DALLOB, P. Insight and problem solving. In: **The nature of insight**. STERNBERG, R.J. e DAVIDSON, J. E. Cambridge: MIT Press, 1995. p 33-37
- DUFF, S.J.; HAMPSON, E.. A sex difference on a novel spatial working memory task in humans. **Brain and Cognition**, n. 47, p.470-493, 2001.
- EHRlich, S. **Aprendizagem e memória humanas**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1979, 306 p.
- ENGLE, R. W. e HAMBRICK, D.Z.. Effects of domain knowledge, working memory capacity, and age on cognitive performance: an investigation of the knowledge hypothesis. **Cognitive Psychology**, v. 44, p. 339-387, 2002.
- ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Apresenta programas e atividades da Disciplina Desenho. São Paulo, 2003. Disponível em: <[http:// www. pcc.poli.usp.br](http://www.pcc.poli.usp.br)>. Acesso em 5 ago, 2003.
- FAZENDA, I. C. A . **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro**. São Paulo: Ed. Loyola, 1981.175 p.
- FISCHBASCH, G. Mind and brain. **Scientific American**, v.267, n. 3, p. 48, set. 1992.
- FREEMAN, W.J. Premises in neurophysiological studies of learning. In: LYNCH, G.; MCGAUGH, J. L.; WEINBERGER, N. M. **Neurobiology of learning and memory**. New York: The Guilford Press, 1984. p.231- 234.
- GAZZANIGA, M. S. Advances in cognitive neurosciences: the problem of information storage in the human brain. In LYNCH; G. MCGAUGH, J. L.; WEINBERGER, N. M.. **Neurobiology of learning and memory**. New York: The Guilford Press, 1984. p. 78-88.
- GILLUND, G. Episodic memory. In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.) **Encyclopedia of human behavior**. San Diego: Academic Press, 1994 v. 2, p. 289-295.

- GOLDMAN-RAKIC, P. S. Working Memory and the mind. **Scientific American**, v.267, n. 3, p.111, set. 1992.
- GRAÇA, V. ^a C. **O uso da metodologia de projeto axiomático para projetos arquitetônicos: estudo de caso das escolas municipais de educação infantil de São Paulo (EMEI)**. 2002. 155 p. Dissertação (mestrado). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.
- GRECO, ^a A matéria da memória. **Gazeta Mercantil**. São Paulo, 15 set. 2000. p. 5
- GREGG, V. **Memória humana**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1976, 162 p.
- GREGORY, R. **The Oxford companion to the mind**. Oxford: Oxford University Press, 198, p. 389.
- HALL, S.S. A busca pela pílula da inteligência. Disponível em: <<http://www2.uol.com.br/sciam>>. Acesso em: 25 mai.2003.
- HARA, K.; KITAJIMA, T.. Associative learning. In: RAMACHANDRAN, V .S. (Ed.) **Encyclopedia of human behavior**. San Diego: Academic Press, 1994 v.1, p. 233-244.
- HEWETT, T.T., **Cognitive factors in design: basic phenomena in human memory**. Philadelphia. Disponível em: <<http://www.acm.org/sigs/sigchi/chi97/proceedings/tutorial/th.htm>>. Acesso em 08 abr. 2002.
- HINTON, G.E. How neural networks learn from experience. **Scientific American**, v.267, n. 3, p. 145, set. 1992.
- IZQUIERDO, I. A memória manipulada e o país que se esqueceu. In: **Cérebro a máquina pensante: novas revelações sobre a máquina de pensar**. São Paulo. O Estado de S. Paulo, 2000. Disponível em: <<http://www.estado.estadão.com.br/edicao/especial/ciencia/cerebro/cer03.html>>. Acesso em: 10 mar. 2003
- JOHNSON-LAIRD, P.N. **Mental models: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness**. Cambridge, Harvard University Press, 1983, 513 p.
- KANDEL, E. R.; HAWKINS, R.D. The biological basis of learning and individuality. **Scientific American**, v.267, n. 3, p. 79, set. 1992.
- KANDEL, E.R.; SQUIRE, L.R. Neuroscience: breaking down scientific barriers to the study of brain and mind. **Science**, vol. 290, p. 1113-1120, Nov. 2000.
- KAWANO, ^a e VELASCO, ^a V., A aptidão espacial é um dom?. **Graf & Tec**, Florianópolis: Editora da UFSC, 2001 nº 9, p. 23-34.
- ___ e MAFALDA, R. Modelos de representação e processos cognitivos em desenho para engenharia. In: **Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas Artes e no Desenho**, nº 2, Feira de Santana, 1998. **Anais**. UEFES, 1998. p. 199-205.
- ___ et al. **Apostila PCC 2101: desenho para engenharia I e II**. Escola Politécnica da USP. São Paulo, v.1 e 2, 2003.
- KESNER, R. The neurobiology of memory: implicit and explicit assumptions. In: LYNCH, G.; MCGAUGH, J. L.; WEINBERGER, N. M. **Neurobiology of learning and memory**. New York: The Guilford Press, 1984. p.11- 118.
- KIMURA, D. Sex differences in the brain. **Scientific American**, v.267, nº 3 p. 119, set. 1992.

- LANGSFIELD-SMITH, K. Cognitive Maps. In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.) **Encyclopedia of human behavior**. San Diego: Academic Press, 1994 v.1, p. 647-653.
- LAVE, J. **La cognición en la práctica**. Barcelona: Paidós, 1991. 225p.
- LEAKE, J. A nova descoberta do cientista pioneiro do DNA: 'células da alma'. **O Estado de S. Paulo**. São Paulo, 12 de mar de 2003 p. A 9.
- LEDOUX, J. E.. Emotion, memory and the brain. **Scientific American: Mysteries of the mind**, v. 7, n.º1, p. 68-75, 1997.
- LEME (de Mattos), M.I. Solução de Problemas: contribuições e impasses de três perspectivas teóricas: gestalt, behaviorismo e cognitivismo. **Estudos Avançados**, Documentos, Série Ciência Cognitiva. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da USP, 1993, nº 14, 41 p.
- _____. Revisitando a crítica de Bruner: o desvio da proposta cognitivista nos estudos de solução de problemas. **Psicologia, reflexão e crítica**. São Paulo: 2001, 14 (3), p. 521-536.
- LEWANDOWSKY, S. e BAINBRIDGE, J. V. Implicit memory. In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.) **Encyclopedia of human behavior**. San Diego: Academic Press, 1994 v. 2, p. 589-600.
- LIEURY, A. **Memória e aproveitamento escolar**. São Paulo: Edições Loyola, 2001, 213 p.
- _____. **A memória: do cérebro à escola**. São Paulo: Editora Ática, 1997, 111 p.
- LOGIE, R. H. The seven ages of working memory. In: RICHARDSON, J.T.E. et al. **Working memory and human cognition**. New York, Oxford University Press, 1996, p.31-65.
- LOMÓNACO, J.F.B.e WITTER, G. P. **Psicologia da aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1984, p.1-8, 59-86.
- LURIA, A. R. Desenvolvimento cognitivo. São Paulo, Ícone, 1990, p. 37-63.
- LYNCH, G.; MCGAUGH, J. L.; WEINBERGER, N. M. **Neurobiology of learning and memory**. New York: The Guilford Press, 1984, p. ix-x.
- MACHADO, A. **Geometria descritiva: teoria e exercícios**. São Paulo, McGraw-Hill, 1986.
- MAFALDA, R. **Efeitos dos diferentes métodos de representação gráfica no desenvolvimento da habilidade de visualização espacial**. 2000. 74 p. Dissertação (mestrado). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
- _____. e KAWANO, A. Modelos de representação e processos cognitivos em desenho para engenharia. In: **Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas Artes e no Desenho**, nº 2. Feira de Santana, 1998. **Anais**. UEFES, 1998, p. 252-256.
- MAYER, R.E. **Cognição e Aprendizagem Humana**. São Paulo: Editora Cultrix, 1981. 259 p.
- _____. Problem Solving. In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.) **Encyclopedia of human behavior**. San Diego: Academic Press, 1994 v. 3, p. 599- 602.
- MCALLISTER, H.C. Problem solving and learning. Manoa: 2002. Disponível em: <http://www.hawaii.edu/suremath/learn1.html> > Acesso em: 08 abr. 2002.
- MCGEE, M. G. Effect of two problem solving strategies on mental rotation test scores. In: **The Journal of Psychology**. 1978, nº 100. p 83-85
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ensino fundamental e ensino médio. Brasília, 1998. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/home/mapaweb.shtm>>e

<<http://www.mec.gov.br/legis/default.shtm>>. Acesso em: 25 fev. 2002.

Resolução CNE/CES de 11/03/2002. Brasília, 2002. Disponível em:

<<http://www.mec.gov.br/legis/default.shtm>>. Acesso em: 8 nov. 2002.

MISHKIN, M.; MALAMUT, B.; BACHEVALIER, J. Memories and habits: two neural systems. In: LYNCH, G.; MCGAUGH, J. L.; WEINBERGER, N. M. **Neurobiology of learning and memory**. New York: The Guilford Press, 1984. p.65-88.

MONTENEGRO, G.A. A visão espacial: aptidão ou processo de aprendizagem. In: **Simpósio Nacional de Geometria e Desenho Técnico**. nº 11, **Anais**. Recife, ETEFE, 1994, p. 99-101.

NADEL, L.; WEXLER, K. Neurobiology, representations, and memory. In: LYNCH, G.; MCGAUGH, J. L.; WEINBERGER, N. M. **Neurobiology of learning and memory**. New York: The Guilford Press, 1984. p.125-134.

NEWELL, A.; SIMON, H. A. **Human problem solving**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1972. p1-140, 787-872.

NICKERSON, R.S.; PERKINS, D.N.; SMITH, E. E. **Enseñar a pensar: aspectos de la aptitud intelectual**. Barcelona: Paidós, 1987. 432p.

NORMAN, D. A . **Things that make us smart: defending human attributes in the age of the machine**. Massachusetts: Perseus Books, 1993, 290 p.

OVERTON, W.F. Reasoning. In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.) **Encyclopedia of human behavior**. San Diego: Academic Press, 1994 v. 4, p. 13-24.

PETRECHE, J.R.D. et al. Ensino de geometria projetiva através da internet. In: **Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas Artes e no Desenho**, nº 2, Feira de Santana, 1998. **Anais**. UEFES, 1998. p. 291-301.

____; SANTOS, E.T.; CHENG, L. Y. Perspectivas: motivação para o aprendizado da geometria projetiva. In: **Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas Artes e no desenho**, nº 2, Feira de Santana, 1998. **Anais**. UEFS, 1998. p. 193-198

POLYA, G. **A arte de resolver problemas: um novo aspecto do método matemático**. Rio de Janeiro, Interciência: 2^a. reimpressão. 1995, 196 p.

POPPELSTONE, J. A. e MCPHERSON, M.W. **Dictionary of concepts in general psychology**. New York: Greenwood, 1988 p. 49-53, 212-217, 234-239.

POSNER, M. I. Selective Attention and the storage of information. In: LYNCH, G.; MCGAUGH, J. L.; WEINBERGER, N. M. **Neurobiology of learning and memory**. New York: The Guilford Press, 1984. p.89-101.

RADVANSKY, G. A. E WYER Jr. Memory. In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.) **Encyclopedia of human behavior**. San Diego: Academic Press, 1994 v. 3, p. 137-148.

REISBERG, D. **Cognition: exploring the science of the mind**. New York: W-W Norton&Company, 1997, p.532-575.

RESNICK, S. M. Sex differences in mental rotations: an effect of time limits?. **Brain and Cognition**. San Diego: Academic Press, 1993 v.21, p. 71-79.

RICHARDSON, J.T.E. (Org.). **Working memory and human cognition**. New York: Oxford University Press, 1996. 163 p.

RIESER, J.J.; GARING, A.E. Spatial Orientation. In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.) **Encyclopedia of human behavior**. San Diego: Academic Press, 1994 v. 4, p. 287-295.

ROESLER, R. e QUEVEDO, J. **Neuroquímica da memória**. Disponível em: <<http://www.hcnet.usp.br/jpq/revista/r254/relit254a.htm>>. Acesso em: 14 jul. 2002.

- SANTOS, E. T. e FERREIRA, S. L. Estratégias de solução de problemas espaciais: uso criativo do CADD no ensino. In: **Congresso Internacional de Engenharia Gráfica nas Artes e no desenho**, nº 3. **Anais**. Ouro Preto, 2000.
- SCHOLNICK, E.K.. Planning. In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.) **Encyclopedia of human behavior**. San Diego: Academic Press, 1994 v.3, p. 525-534.
- SELKOE, D.J. Aging brain, aging mind. **Scientific American**, v.267, n. 3, p. 135-142, set. 1992.
- SHATZ, C. J. The developing brain. **Scientific American**, v.267, n. 3, p.61-67, set. 1992.
- STAIR, R. M. **Princípios de sistemas de informação: uma abordagem gerencial**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1998, 451 p.
- STERNBERG, R.J. **Psicologia cognitiva**. Porto Alegre: Artmed, 2000 , p.43-250; 305-398.
- _____ e DAVIDSON, J.E. (orgs.).**The nature of insight**. Cambridge: The MIT Press, 1995, p. 33-37.
- TARTRE, L.A . Spatial orientation skill and mathematical problem solving. In: **Journal for Research in Mathematics Education**. 1990, vol. 21, nº 3, p. 216-229.
- THAGARD, P..**Mind: introduction to cognitive science**. Cambridge: The MIT Press, 1998, 213 p.
- TITÃS, A melhor forma.CD **Acústico MTV**. Rio de Janeiro: Unidades Móveis Nas Nuvens e Solo, 1997 (1 CD son., 3:11 min).
- TOTTENHAM, L.S. ET ALI. Female advantage for spatial location memory in both static and dynamic environments. **Brain and Cognition**. (may 2003). Disponível em: < [http:// www. elsevier.com/locate/b&c](http://www.elsevier.com/locate/b&c)> Acesso em: 26 set. 2003.
- TRANEL, D. Memory, neural substrates. In: RAMACHANDRAN, V. S. (Ed.) **Encyclopedia of human behavior**. San Diego: Academic Press, 1994 v. 3, p. 149-164.
- VELASCO, A . D. **Avaliação da aptidão espacial em estudantes de engenharia como instrumento de diagnóstico do desempenho em desenho técnico**. 2002. 171 p. Tese (doutorado). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.
- WALLER, D. et al.Orientation specificity and spatial updating of memories for layouts. **Journal of experimental psychology: learning, memory and cognition**. 2002, vol. 28, nº 6, p. 1051-1063.
- ZEKI, S. The visual image in mind and brain. **Scientific American**, v.267, n. 3, p.69-76, set. 1992.