

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

**A COGNIÇÃO DA IMAGEM E SUAS IMPLICAÇÕES NO
PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM**

**Por
Lucilene Inês Gargioni de Souza**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a
obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção

Orientador:

Prof. Francisco Antônio Pereira Fialho, Dr.

**A COGNIÇÃO DA IMAGEM E SUAS IMPLICAÇÕES NO
PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM**

Nome: **Lucilene Inês Gargioni de Souza**

Área de Concentração:

Ergonomia

Florianópolis, novembro de 2000

A COGNIÇÃO DA IMAGEM E SUAS IMPLICAÇÕES NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Lucilene Inês Gargioni de Souza

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia, especialidade em Engenharia de Produção, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, em novembro de 2000.

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Curso de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção

Banca Examinadora:

Prof. Francisco Antônio Pereira Fialho, Dr.
Orientador

Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.
Membro

Prof. Luiz Fernando Gonçalves de Figueiredo, Dr.
Membro

Dedicatória

**À Antônio Carlos, meu marido,
e ao Rodrigo, meu filho,
pela compreensão e pelo apoio recebido,
na trajetória desse trabalho.**

Agradecimentos

Agradeço a Deus por ter me proporcionado a possibilidade de realizar este trabalho.

Ao professor, Francisco Antônio Pereira Fialho, amigo e orientador desse trabalho, por seus ensinamentos, que indicaram vários caminhos, cabendo a nós determinar qual caminho queremos seguir e qual vamos conseguir.

À UFSC, ao CCE e ao Colegiado do Departamento de Expressão Gráfica, que possibilitaram o meu afastamento para cursar o mestrado.

Ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, nas pessoas dos Professores Fialho, Dulce, Guerra, que me proporcionaram uma maior compreensão do conhecimento.

Aos meus pais, Antônio e Arcila, por terem me proporcionado uma maior e melhor visão do mundo através de suas idéias.

Aos meus irmãos, Tarcísio, Sérgio, Mari, Rogério, Rosalene e Ivonete, pelo incentivo.

Agradecimento especial as colegas Rita, Leonir, pelo apoio e sugestões que enriqueceram este trabalho.

Ao Marcelo, pelo suporte tecnológico gráfico realizado neste trabalho.

A todos os colegas do curso de Pós-Graduação, que de uma forma ou de outra partilharam seus conhecimentos no desenvolvimento das tarefas durante o transcorrer do curso.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	IV
AGRADECIMENTOS	V
SUMÁRIO	VI
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE SIGLAS	XI
RESUMO	XII
ABSTRACT	XIV
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa	2
1.2 Estabelecimento do problema	3
1.3 Objetivos gerais e específicos	4
1.3.1 Objetivos gerais	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Hipóteses gerais	5
1.5 Limitações	5
1.6 Descrição dos capítulos	6
CAPÍTULO 2. A CIDADE DA MENTE	8
2.1 Cérebro e Ambiente	12
2.2 O cérebro como usinas de processamento de informações	13
2.3 A criança explica o Homem, ensina Piaget	15
2.4 Neurônio – Principal componente do Sistema Nervoso que funciona como redes de informações	16
2.5 Mas o que é disciplinariedade, o que é interdisciplinariedade e o	

que é multidisciplinariedade? Qual é seu valor hoje e como alcançá-lo?	19
CAPÍTULO 3. O SISTEMA VISUAL	24
3.1 Como ele está equipado?	24
3.2 As visões e suas transformações	27
3.2.1 Transformações ópticas	27
3.2.2 Transformações químicas	28
3.2.3 Transformações nervosas	29
3.3 Percepção da Imagem	31
3.3.1 A intensidade de luz: percepção da luminosidade	31
3.3.2 O comprimento de ondas: percepção da cor	32
3.3.3 A distribuição espacial da luz: as bordas visuais	33
3.4 Percepção das cores	35
3.5 PERCEPT – o conhecimento do objeto tal como ele é percebido pelo sujeito	37
3.6 Enxergando em duas dimensões e meia	44
3.6.1 Sistemas de coordenadas	45
3.7 Imagens Mentais	68
CAPÍTULO 4. RACIOCÍNIO, MEMÓRIA E CONSCIÊNCIA	84
4.1 Raciocinar é produzir inferências	84
4.2 Memória e Aprendizagem	86
4.2.1 Tipos de memória	88
4.2.2 Os mecanismos cerebrais da memória	89
4.3 Consciência e Memória	91
CAPÍTULO 5. PROCESSO HISTÓRICO PEDAGÓGICO RELATIVO A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO	94
5.1 A Construção do Conhecimento na Educação	94
5.2. O Sujeito como Sistema Cognitivo – Processador de informação e construtor de significados	104

5.3 A construção Humana através das idéias de Vygotsky – Relação indivíduo/sociedade	106
5.3.1 Relação entre Pensamento e Linguagem	113
5.3.2 Aquisição da linguagem escrita	116
5.3.3 Interação entre aprendizagem e desenvolvimento: a zona de desenvolvimento proximal	118
5.3.4 O Processo de formação de conceitos e o Papel desempenhado pelo Ensino Escolar	124
5.3.4 Algumas implicações educacionais da abordagem vygotskyana	127
5.4 A Construção Humana através da aprendizagem Significativa: David Ausubel	131
5.4.1 Suporte teórico dos mapas conceituais à luz de Ausubel. Novak e Gowin	136
5.6 A Organização dos conteúdos	141
5.5.1 O construtivismo: concepções de como se produzem os processos de aprendizagem	146
CAPÍTULO 6. MODELO	150
6.1 Introdução	150
6.2 Estudo da Reta através da teoria da Rotação Mental segundo a um referencial por meio da descoberta orientada	150
6.3 Estudo do Plano através da teoria da Rotação Mental segundo a um referencial por meio da descoberta orientada	154
6.4 Pertinência das Retas em seus respectivos Planos, trabalhando a associação dos conhecimentos prévios internalizados conjuntamente com a teoria da Rotação Mental	155
6.5 Pertinência de um triângulo (uma figura) qualquer, utilizando os conhecimentos prévios de forma associativa	158
6.6 Determinação da verdadeira grandeza	159
6.6.1 Rebatimento através da teoria da rotação mental	159
6.6.2 Mudança de plano através do deslocamento do observador	160

6.7 Resolução final da construção do sólido – Prisma reto de base triangular apoiado em um plano qualquer	161
6.8 Trabalho individual – Projeto	164
CAPÍTULO 7. CONCLUSÃO, CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	175
7.1 Conclusão	175
7.2 Considerações finais	181
7.3 Sugestões para futuros trabalhos	185
REFRERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	186
BIBLIOGRAFIA	189

Lista de Figuras

Figura 3.1	O globo ocular	24
Figura 3.2	Percepção visual	31
Figura 3.3	O vaso face de Rubin	40
Figura 3.4	O desenho de Ilavenil Subbiah	42
Figura 3.5	Quadrado e losango	48
Figura 3.6	Triângulos de Attenave	49
Figura 3.7	Reconhecimento de bagagem	51
Figura 3.8	Géons	52
Figura 3.9	Mundinho de formas	61
Figura 3.10	Formas simétricas ou quase simétricas	64
Figura 3.11	Visão padrão e especular	65
Figura 3.12	Formas tridimensionais e suas imagens no espelho	67
Figura 3.13	Arranjo e proposição	73
Figura 3.14	Forma ambígua	77
Figura 6.1	Rotação da reta	153
Figura 6.2	Rotação do plano	155
Figura 6.3	Pertinência da reta no plano	157
Figura 6.4	Figura plana	159
Figura 6.5	Verdadeira grandeza	160
Figura 6.6	Mudança de plano.....	161
Figura 6.7	Construção final	162
Figura 6.8	Pirâmide escalonada.....	172
Figura 6.9	Castelo	173
Figura 6.10	F1	174

Lista de Siglas

DNA	Ácido Desoxirribonucléico
CPD	Complexo Processamento de Dados
2 1/2D	Duas dimensões e meia
XYZ	Eixos de Coordenadas Cartesianos
GD	Geometria Descritiva
SN	Sistema Nervoso
SNC	Sistema Nervoso Central
TEP	Tomografia por Emissão de Prótons
VG	Verdadeira Grandeza
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

Resumo

Esta dissertação tem como objetivo o desenvolvimento de uma metodologia de ensino baseada no método bi-projetivo de Monge e nos princípios da teoria da rotação mental, fundamentada na associação e internalização dos conteúdos ministrados, e inter-relacionados, de forma significativa e reflexiva, com conhecimentos prévios por meio de uma descoberta orientada. A metodologia proposta busca sustentação nas teorias cognitivas e nos órgãos responsáveis pelo funcionamento da estrutura cognitiva, que estão configurados em redes de esquemas em um conhecimento disciplinar, interdisciplinar e multidisciplinar com o intuito de desenvolver a cognição da imagem.

Para que o processo de aprendizagem se desencadeie, não basta que o aluno esteja frente aos conteúdos para aprender. É necessário que diante deles, possa atualizar seus conhecimentos, compará-los aos já existentes na estrutura cognitiva, identificar semelhanças e diferenças e integrá-los em seus esquemas com base em um novo contexto epistemológico que prioriza o sujeito, aquele que constrói a imagem, o que chamamos de observador.

A metodologia foi desenvolvida em etapas sucessivas, chegando a um todo simplificado e, posteriormente, a um todo complexo baseado nas relações das mesmas partes, através de um corpo de conhecimentos (conteúdos) básicos (*feedstock*), que representa o alicerce da construção do mundo dos objetos, organizado em esquemas de conhecimento apenas com informações relevantes. Isso permite que o aluno conheça o sistema de representação da imagem, o que ele significa e saiba aplicá-lo com segurança, não apenas na resolução de um único problema, mas nas diferentes e generalizadas futuras representações. Possibilitando também, ao aluno percorrer caminhos totalmente livres, apoiados em suas próprias capacidades recém-descobertas de reunir, avaliar e distribuir informações gráficas necessárias à comunicação,

nas mais diversas áreas do conhecimento humano. Essas informações gráficas são obtidas pelo desenvolvimento do raciocínio espacial através de imagens mentais e do desenvolvimento da construção que o indivíduo precisa fazer para poder conhecer.

Abstract

The goal of this work is the development of a new teaching method based on the mental rotation theory according a referential associated to Monge's bi-projective method, grounded in the content's association and internalization and their interrelation, in a meaningful and reflective way of previous knowledge through and orientated discovery. The proposed method is based on the cognitive theories an in the organs responsible for the operation of the cognitive eststructure. These organs are organized in disciplinary, inerdisciplinary and multi disciplinary knowledge networks in order to develop the image cognition.

To start-up the process of learning the presence of the content to be learnt are not enough. It is necessary that the student could up date his knowledge, compare with those he already knows in his cognitive structure, identify the similitude and differences and integrate the new knowledge into his cognitive schemes. This process is performed in a new epistemologic context that prioritizes the subject, who makes the image. This subject will be call of observer.

The method was develop in successive approaches, reaching a simplified whole, and then, a complex whole based in the part's relationships, through a body of basic knowledge (feedstock) that represents the bases for the construction of the object world, organized in knowledge schemes that contains only the relevant information. This allows the student to know the image system of representation, what does it mean and that it can be applied safely, not only for the resolution of a single problem but in different and generalized problems. This also allows the student to follow new roads based in his just discovered new capabilities, evaluate and distribute graphical information needed for communication in many areas of the human knowledge. This graphical information is provided through the development of the spatial reasoning trough

mental images and the development of construction that the individual needs to do in order to know.

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

"o cérebro é um mundo que consiste de muitos continentes inexplorados e grandes extensões de território desconhecido". (SANTIAGO RAMON Y CAJAL).

Como as pessoas aprendem sobre o mundo que as rodeia? O que é necessário ter para aprender?

O que é conhecer e como nós conhecemos remetem à epistemologia. Reter informação e saber o que é codificado pelo sistema genético e nervoso nos remete à biologia. Queremos saber o que é cognição como uma função e o que é cognição enquanto processo. (Fialho, 1997).

Segundo o entendimento corrente entre os estudiosos da área, três são os elementos básicos que aparecem nos estudos sobre o ato de conhecer: O sujeito que conhece, o objeto de conhecimento e o conhecimento como produto do processo cognitivo. Por cognição podemos entender o ato de conhecer, a aquisição de um conhecimento. (Santos,1989).

Cognição é um fenômeno biológico e pode ser entendido como tal. Um sistema cognitivo é um sistema cuja organização define um domínio de interações onde ele pode atuar priorizando a manutenção dele mesmo, e o processo de cognição é o comportamento e a ação dentro deste domínio. (Fialho, 1997).

Sistemas vivos são sistemas cognitivos e a vida é um processo de cognição. Esta afirmação é válida para todos os organismos vivos, com ou sem sistema nervoso. (Fialho, 1997).

1.1 Justificativa

É surpreendente que os professores de ciências da educação, não compreendam que alguém não compreenda.

Não é mais possível imaginar que os professores pensem:

- que o “entusiasmo” de aprender começa simplesmente com o iniciar de uma aula;
- que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição;
- que se pode fazer entender uma demonstração repetindo ponto por ponto.

O processo educativo dá-se de forma acrítica, sendo gerado por uma filosofia que extrapola o nível de compreensão mais imediato.

Essas premissas, que servem de base para justificar e nortear as abordagens epistemológicas aqui registradas, são inferidas em função de nossos estudos na área da educação e de nossa vivência como professor de Geometria Descritiva.

Imaginamos num primeiro momento, que as inferências aqui feitas, respaldem a necessidade das abordagens sugeridas neste trabalho. Num segundo momento, imaginamos que essa experiência possa instigar novas e mais profundas análises deste ensino.

Esperamos com este trabalho pontuar um dos principais problemas do ensino de geometria, a falta de metodologias eficazes em relação aos aspectos epistemológicos.

Desenvolvemos este trabalho encorajados na idéia que teríamos chances reais de praticar um ensino de geometria descritiva efetivamente transformador se cuidássemos dessa questão.

Por epistemologia, no sentido mais amplo do termo, podemos considerar “um estudo metódico e reflexivo do saber, de sua organização, de sua formação, de seu desenvolvimento, de seu funcionamento e de seus produtos intelectuais”. (Japiassú, 1993).

Adotamos aqui uma compreensão de epistemologia como sendo o estudo do conhecimento, ou do saber. Ou seja, em essência, a preocupação epistemológica diz respeito ao modo como um novo conhecimento é possível considerando estados prévios de conhecimento.

Por processo de conhecimento, ou simplesmente conhecimento, entendemos uma interação específica do sujeito que conhece e do objeto do conhecimento, tendo como resultado os produtos mentais que chamamos de conhecimento ou saber.

Segundo Souza (1999), “entramos num processo dinâmico de renovação de conhecimentos, de aquisição de novas habilidades e de treinamento profissional, para nos ajustarmos as novas demandas sociais. A tendência é que a demanda por conhecimento, qualificação, atualização e treinamento profissional tende a continuar num processo geometricamente crescente”.

1.2 Estabelecimento do problema

A questão de pesquisa é: *De que forma os novos processos metodológicos e, em particular, abordagens diferenciadas sobre a cognição da imagem, podem contribuir para assegurar a melhoria da qualidade do ensino da Geometria Descritiva e a atualização dos profissionais da área gráfica?*

1.3 Objetivos gerais e específicos

1.3.1 Objetivos Gerais

O trabalho tem como objetivo geral é o desenvolvimento de uma metodologia de ensino baseada ao método bi-projetivo de Monge e nos princípios da teoria da rotação mental fundamentada na associação e internalização dos conteúdos ministrados, e inter-relacionados, de forma significativa e reflexiva, com conhecimentos prévios por meio de uma descoberta orientada. A metodologia proposta busca sustentação nas teorias nas teorias cognitivas e nos órgãos responsáveis pelo funcionamento da estrutura cognitiva, que estão configurados em redes de esquemas em um conhecimento disciplinar, interdisciplinar e multidisciplinar com o intuito de desenvolver a cognição da imagem.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Descrever o funcionamento neuronal envolvido no processo de cognição da imagem.
- Abrir alternativas educacionais, libertando o estudante das barreiras, oportunizando o ensino individualizado, baseado em conhecimentos anteriores.
- Incentivar o ensino através de recursos computacionais, como ferramenta didática de visualização.
- Desenvolver a interdisciplinariedade, integrando outras áreas de conhecimento.
- Alterar a estrutura do conhecimento da geometria descritiva passando de um conhecimento menos estruturado para um conhecimento mais estruturado.
- Trabalhar a geometria descritiva dentro de uma nova concepção – o ser humano como construtor desse conhecimento.
- Desenvolver um ambiente que motive o estudante ao aprendizado da cognição da imagem, dentro de um processo de ensino e aprendizagem da Geometria Descritiva por meio de uma metodologia associativa.

- Focalizar fundamentos e recursos básicos da Geometria Descritiva, contextualizando aplicações práticas com a atividade profissional; trazendo o mundo real para dentro da sala de aula.
- Promover a construção dos objetos a partir da reconstrução interna (internalização).

1.4 Hipótese geral

A hipótese geral levantada neste trabalho é que a utilização de uma metodologia bem estruturada e relacionada dentro de uma nova concepção, que poderá contribuir para que o aluno construa o seu próprio conhecimento com base em conhecimentos prévios, desenvolvendo, além do raciocínio espacial, o domínio na resolução de problemas na área de projeto gráfico.

1.5 Limitações

Dado o curto tempo para o desenvolvimento da elaboração de uma dissertação, nos limitamos a estabelecer um modelo, e o que esse modelo proporciona dentro de uma novo contexto. A validação do mesmo implicará em trabalhar em pelo menos três turmas: uma para aplicar o modelo desenvolvido, outra para trabalhar o ensino tradicional da Geometria Descritiva e a terceira como controle. Isso exigiria um tempo maior para o desenvolvimento.

Outra limitação consiste na falta de bibliografias dentro da área para a elaboração deste trabalho.

1.6 Descrição dos capítulos

O presente trabalho foi estruturado em 7 capítulos. A descrição de cada um dos capítulos num contexto geral é a seguinte:

O capítulo 1 enfoca a parte introdutória sobre o tema, a justificativa da proposta, o estabelecimento do problema, os objetivos, hipóteses, limitações e uma descrição sucinta da estrutura da dissertação.

O capítulo 2 apresenta uma fundamentação teórica sobre os aspectos biológicos que envolvem a cognição da imagem, abordando o tema num contexto amplo, enfocando a mente; o cérebro e o ambiente; o cérebro como usinas de processamento de informações; a criança, explica o homem, ensina Piaget; o neurônio – principal componente do sistema nervoso que funciona como redes de informações; o que é disciplinariedade e interdisciplinariedade e multidisciplinariedade – qual o seu valor hoje e como alcançá-lo?

O capítulo 3 apresenta o sistema visual, como ele está equipado; a visão e suas transformações – transformações ópticas, transformações químicas e transformações nervosas; percepção da imagem – a intensidade de luz: percepção da luminosidade, comprimento de ondas: percepção da cor, distribuição espacial da luz: as bordas visuais; percepção das cores – neurônios fabricantes de cores; *PERCEPT* – o conhecimento do objeto tal como ele é percebido pelo sujeito; enxergando em duas dimensões e meia, sistemas de coordenadas; imagens mentais.

No capítulo 4 trata do raciocínio, raciocinar é produzir inferências; memória, memória e aprendizagem, onde aborda os vários tipos de memória, os mecanismos cerebrais da memória e a consciência e memória como realidades vivas que assombam a humanidade na opinião de Eccles.

No capítulo 5 apresentamos o processo histórico pedagógico relativo a construção do conhecimento; a construção do conhecimento na educação; o sujeito como sistema cognitivo – processador de informações e construtor de significados; a construção humana através das ideias de Vygostsky – relação/sociedade; a relação entre

pensamento e linguagem; a aquisição da linguagem escrita; a interação entre aprendizado e desenvolvimento: a zona de desenvolvimento proximal; o processo de formação dos conceitos e o papel desempenhado pelo ensino escolar e algumas implicações educacionais da abordagem vygostyana; aborda também a construção humana através da aprendizagem significativa de David Ausubel; o suporte teórico dos mapas conceituais à luz de Ausubel, Novak e Gowin e a busca disciplinar de Bruner. Aborda ainda neste capítulo a organização dos conteúdos e o construtivismo: concepção de como se produzem os processos de aprendizagem.

O capítulo 6 trata do desenvolvimento do modelo proposto, onde aborda todas as etapas de desenvolvimento da metodologia baseada no método de Monge, através da da associação e internalização dos conteúdos ministrados, inter-relacionados de forma significativa, baseado em conhecimentos prévios por meio de uma descoberta orientada através da rotação mental, em um conhecimento disciplinar, interdisciplinar e multidisciplinar.

E, finalizando, o capítulo 7 apresenta as conclusões, as considerações finais e sugestões para futuros trabalhos.

CAPÍTULO 2. A CIDADE DA MENTE

O cérebro humano é uma enorme megalópole eletrificada, em funcionamento 24 horas por dia, residência de bilhões de diferentes "etnias" de neurônios. Nessa grande rede ou trama, cada um tem sua "profissão". Visto como indivíduo, um neurônio pode parecer pouco importante. Se concebido como parte de uma fantástica teia de trabalho e produção, no entanto, consistem em uma das mais perfeitas e misteriosas criações da natureza. É solidário e dado a um certo tipo de socialismo: costuma repassar aos irmãos tudo o que recebe, em organizados processos de troca e interação. (Sabbatini, URL: <http://www.estado.com.br/especial/ciência/cerebro/cere14.html>, (acessado em 04/04/2000).

Emocionalmente, é um camarada desinibido e afetuoso. Comunica-se com o outro com seus longos axônios (braços de comunicação) e promove processos eletroquímicos nas sinapses. Adoram a vida em família. No córtex cerebral, convivem pacificamente em clãs, como os estrelados e os piramidais.

Quando o neurônio "pensa" - em um exercício de metalinguagem - tem clara sua missão de movimentar o complexo mecanismo que permite ao homem raciocinar, tomar decisões e se apaixonar.

A cidade cerebral tem cruzadas e entrelaçadas vias expressas, tem avenidas, ruas e becos. São feixes de nervos que permitem ao eventual visitante deslocar-se rapidamente por seus "bairros" e conhecer as modernas usinas processadoras de informações. O conjunto "urbano" é formado por quatro estruturas interligadas: a medula espinhal, a soma do tronco cerebral e do cerebelo, o diencéfalo e os hemisférios cerebrais.

A medula espinhal tem funções apenas indiretamente ligadas às atividades nervosas superiores. É como um município autônomo, porta de entrada para o interior do "país", o corpo humano. O tronco cerebral (bulbo, ponte e mesencéfalo) é o pólo fabril dedicado a exercer efeito modulador sobre os neurônios corticais. Humor e

concentração, por exemplo, dependem dessa função. O cerebelo é um núcleo dedicado a múltiplas atividades, entre elas o equilíbrio e a coordenação.

O diencéfalo é um importante centro coordenador de funções, formado pelo tálamo e o hipotálamo. O primeiro consiste em uma massa cinzenta que processa a maior parte das informações destinadas aos hemisférios cerebrais. É uma grande estação de elaboração dos sentidos. O hipotálamo mistura as funções de um posto de gasolina e de um complexo CPD. Regula a função de abastecimento do sistema endócrino e processa inúmeras informações necessárias à constância do meio-interno corporal. Coordena, por exemplo, a pressão arterial, a sensação de fome e o desejo sexual.

O hipocampo é um grande banco de dados. Nele, milhares de "neurônios" bibliotecários armazenam registros de fatos e eventos. As informações ali guardadas servem para regular a atividade de várias outras áreas do cérebro. A região conhecida como amígdala também trabalha na seleção de dados e ainda dispara sinais de alerta quando reconhece um perigo ou situação de ameaça.

Na grande cidade do pensamento, os hemisférios cerebrais são o que há de mais moderno. Todo neurônio gostaria de trabalhar ali. Seja nos gânglios basais, na substância branca ou no córtex cerebral. São essas centrais que comandam as atividades mais evoluídas do cérebro e distinguem o homem dos outros animais.

O hemisfério esquerdo controla o lado direito do corpo, enquanto o hemisfério direito controla o lado esquerdo. De muitas formas, cada hemisfério é um espelho do outro, mas há especializações no trabalho. Em muitos indivíduos, as principais áreas que controlam o desenvolvimento e uso da linguagem estão do lado esquerdo. Ao mesmo tempo em que o hemisfério direito concentra áreas dedicadas ao processamento da visão tridimensional.

O córtex ocupa o andar mais alto dos "prédios" dos hemisférios. São uma capa de substância cinzenta de 0,3 centímetros de espessura. Seus sulcos e fissuras definem as

regiões do lobo frontal, temporal, parietal e occipital. O lobo frontal é um lugar para trabalhadores altamente especializados, cultos e íntegros.

Concentra-se alí uma enorme variedade de importantes funções, incluindo o controle de movimentos e de comportamentos necessários à vida social humana, como a compreensão dos padrões éticos e morais e a capacidade de prever as consequências de uma atitude. O lobo parietal recebe e processa informações dos sentidos, enviadas pelo lado oposto do corpo. O lobotemporal é um moderno estúdio que acolhe desde grandes orquestras até grupos de Axé Music: está permanentemente envolvido em processos ligados a audição e memorização. O lobo occipital é uma espécie de central cinematográfica, o centro que analisa as informações captadas pelos olhos e as interpreta mediante um intrincado processo de comparação, seleção e integração.

Na superfície medial do hemisfério cerebral, encontra-se o corpo caloso, um feixe de 200 milhões de fibras nervosas que une os dois hemisférios. Uma espécie de ponte entre os dois arranha-céus da mente. Mesmo apresentando regiões extremamente especializadas, uma boa área do córtex não é utilizada em funções sensoriais ou motoras, atuando em complicadas atividades mentais. É uma área secreta, de segurança, onde não são permitidas visitas públicas.

Para que o cérebro desenvolva todo seu potencial, é preciso que seja estimulado, provocado, trabalhado em suas centrais de comunicação. Nos primeiros anos de vida, o exercício de "musculação" mental garante o desenvolvimento das fibras nervosas capazes de ativar o cérebro e dotá-lo de habilidades. Os primeiros quatro anos da criança são particularmente fundamentais para a estruturação das funções cerebrais. Um bebê que passe deitado, sem estimulação física, a maior parte do primeiro ano de vida certamente apresentará sérias anomalias em sua evolução. Muitos não conseguem se sentar antes de 21 meses e 85% deles não conseguem andar antes de três anos de idade.

O mesmo ocorre com a visão. É fundamental o estímulo e peso da experiência no processo de aprender a ver.

“O olho contém tantas partes, arranjadas de modo tão preciso, que parece ter sido projetado de antemão com o objetivo de montar alguma coisa que enxergue. O mesmo se pode afirmar de nossos outros órgãos. Nossas juntas são lubrificadas para uma articulação suave, nossos dentes juntam-se para desviar e moer, nosso coração bombeia sangue – cada órgão parece ter sido projetado tendo em mente uma função a ser desempenhada. Uma das razões de Deus ter sido inventado foi para ser a mente que formou e executou os planos da vida.”(Pinker, 1998, p.169).

“A seleção natural não é o único processo que muda os organismos no decorrer do tempo. Mas é o único processo aparentemente responsável pelo design dos organismos ao longo do tempo”. (Pinker,1998, p.172).

No início da vida, as células nervosas são pequenas e esparsas. Não há uma malha fechada de conexões. Os neurônios processam sensações e informações somente quando estão agrupados em redes de especialização. A ginástica cerebral ajuda a estabelecer essas refinadas conexões e a sofisticá-las. A falta de uso condena os neurônios morte. (Sabbatini, URL:<http://www.estado.com.br/edição/especial/ciência/cerebro/cere11.html>, acessado 04/04/2000).

2.1 Cérebro e ambiente

Segundo Cardoso, [URL:http://www.epub.org.cm/n01/Amb_evn/cer_amb.html](http://www.epub.org.cm/n01/Amb_evn/cer_amb.html), (acessado 04/04/2000) “o cérebro humano é a mais complexa entidade existente no planeta - talvez mesmo no universo. Sua população, composta por células nervosas (ou neurônios) e células gliais, são em número semelhante ao número de estrelas de nossa galáxia, ou seja, na ordem de centenas de bilhões. As células nervosas comandam a motricidade, a sensibilidade e a consciência; as células gliais sustentam e mantêm vivos os neurônios”.

A atividade das células nervosas constroem um mundo interno que se molda a medida que interage com o ambiente externo. O canal de

comunicação entre estes dois ambientes são os nossos sentidos (tato, olfato, visão, audição e gustação) fornecidos por alguns de nossos órgãos que possuem células especializadas que convertem as mensagens de luz, de som, de imagens, de cheiro de sabor e de dor, em códigos compreensíveis para o cérebro, ou seja, em sinais elétricos, que são registrados no cérebro, e este, através de suas células, envia respostas de volta ao ambiente.

A constante interação de mensagens e respostas entre estes dois ambientes é que determina a nossa experiência, sobrevivência e evolução de nosso mundo. São estas células que permitem, desde perceber o perigo, evitá-lo ou correr dele, até a criação de condições que permitem levar o homem à lua, construir aviões a jato ou trens supersônicos e reconstruir genes humanos. Toda experiência gera transformação. A interação de nosso universo interno com o mundo externo, gera o remodelamento de ambos os ambientes para fins de adaptação.

De fato - e esta foi uma descoberta significativa das neurociências - a diversidade cultural do ambiente provoca mudanças no cérebro. Novos ramos de células interconectados (conexões sinápticas) são adicionados e ampliados em resposta à experiência e à aprendizagem, alcançando assim, regiões mais amplas do cérebro.

Estas células "experientes" remodelam também o comportamento humano, seja em resposta de adaptação ao meio externo, seja para a evolução dele. Será esta uma das chaves para aumentarmos a nossa inteligência?

Na tentativa de conhecer o cérebro, não podemos esperar respostas simples e imediatas. Há centenas de anos o homem tenta entender esta pequena massa de células pesando pouco mais de um quilo, que se ajusta em apenas uma de suas mãos, mas que é dotada do mais alto grau de complexidade e mistério.

2.2 O cérebro como usinas de processamento de informações

O professor Izquierdo, numa entrevista concedida ao jornal O Estado de São Paulo, 1997, identifica o cérebro como uma enorme área de matas intocadas, onde ainda se escondem pequenas usinas de processamento de informações. O funcionamento desses sistemas constitui-se em um enigma incapaz de ser decifrado pela trilha dos questionários. Houve poucos avanços reais sobre a inteligência humana e as habilidades específicas. As habilidades de cada um seriam o imprevisível resultado do cruzamento de características hereditárias e de todos os fatores culturais e ambientais. Acontece que, na verdade, é bem possível que a palavra inteligência já não seja mais útil, posto que não designa nenhuma função ou capacidade específica do cérebro. O termo abrange um conjunto difuso de funções cognitivas, que incluem percepção, memória e várias outras. Essa expressão omite o condicionamento por fatores ambientais, culturais e emocionais.

De acordo com Damásio (apud Sabbatini, URL: <http://www.epub.org.br/cm/n04/opinião/izquierdo/htm>, acessado em 15/10/1999), a dificuldade da ciência em desvendar os mistérios da mente não deve diminuir o entusiasmo dos que se propõem a realizar a tarefa. Talvez, segundo ele, essa seja a mais fantástica aventura oferecida aos homens de coragem: "A emoção e os sentimentos constituem a base daquilo que os seres humanos têm descrito como alma ou espírito humano".

Resumindo as inquietações de muitos de seus companheiros, o neurologista inverte a máxima de Descartes: "existo (e sinto), logo penso". (Sabbatini URL: <http://www.epub.org.br/cm/n04/opinião/izquierdo/htm>, acessado em 20/10/1999).

Segundo Pinker (1999. p.10), a mente é um sistema de órgãos de computação que a seleção natural projetou para resolver os problemas enfrentados por nossos ancestrais evolutivos em sua vida de coletores de alimentos, em especial entender e superar em estratégia os objetos, animais, plantas e outras pessoas. "A mente é o que o cérebro faz; especificamente, o cérebro processa informações, e pensar é um tipo de computação. A mente é organizada em módulos ou órgãos mentais, cada qual com um

design especializado que faz desse módulo um perito em uma área de interação com o mundo”.

A lógica dos módulos é especificada por nosso programa genético. O funcionamento dos módulos foi moldado pela seleção natural para resolver os problemas da vida da caça e extrativismo vivida por nossos ancestrais durante a maior parte de nossa história evolutiva: “Problemas de engenharia que nós humanos resolvemos, quando enxergamos, andamos, planejamos e tratamos dos afazeres diários são mais desafiadores do que chegar à Lua ou descobrir a sequência do genoma humano” (Pinker, 1999, p.14).

Quando Hamlet diz: “Que obra de arte é um homem! Que nobreza de raciocínio! Na forma e no movimento, que preciso e admirável!”, nossa admiração deve se dirigir não a Shakespeare, Mozart, Einstein ou Kareem Abdul-Jabbar, mas a uma criança de quatro anos atendendo um pedido de guardar um brinquedo na prateleira”.(Pinker,1999, p.14).

Em um sistema bem projetado, os componentes são caixas-pretas que desempenham suas funções como por mágica. Ocorre exatamente assim com a nossa mente. A faculdade com que ponderamos o mundo não tem a capacidade de perscrutar seu próprio interior ou nossas outras faculdades para ver o que as faz funcionar. “A mente como a espaçonave Appolo, é projetada para resolver muitos problemas de engenharia, portanto equipada com sistemas de alta tecnologia cada qual arquitetado para superar seus respectivos obstáculos”.(Pinker, 1999, p.14).

2.3 A criança explica o homem, ensina Piaget

Na espessa e intrincada teia de neurônios, tudo está perfeitamente organizado, dividido, catalogado e indexado. Complicadas conexões nos permitem ver, ouvir, memorizar, vibrar e, ao contrário dos outros animais, planejar o futuro. O mais espantoso é que tudo se faz mediante um projeto meticuloso da natureza, nada se desenvolve ao acaso. As malhas de neurônios são geradas no lugar certo e na proporção

exata. Todas as informações necessárias à estruturação dos mecanismos cerebrais já estão demarcadas no "guia de montagem e instalação" oferecido pelo DNA.

Logo depois do nascimento da criança, no entanto, vários processos são desencadeados no desenvolvimento das funções cerebrais. Um recém-nascido apresenta cerca de um quarto da massa cerebral de um indivíduo adulto, mas já tem quase todos os neurônios dos quais se valerá pelo resto de seus dias. Isso porque os neurônios e suas conexões crescem em tamanho, expandem-se, organizam-se em grandes linhas de processamento.

Todo ser vivo dotado de um sistema nervoso é capaz de modificar o seu comportamento em função de experiências passadas. Essa modificação comportamental é chamada de aprendizado, e ocorre no sistema nervoso através da propriedade chamada plasticidade cerebral. (Tafner URL: <http://www.epud.org/cm/n05/tecnologia/plasticidade2.html>, acessado em 10/05/2000).

Pesquisas em Neurobiologia têm comprovado que a plasticidade do sistema nervoso é uma característica única em relação a todos os outros sistemas orgânicos. Conforme de Groot (1994) "a plasticidade neural é a propriedade do sistema nervoso que permite o desenvolvimento de alterações estruturais em resposta à experiência, e como adaptação a condições mutantes e a estímulos repetidos". Segundo Kandel (1991) a cada nova experiência do indivíduo, portanto, redes de neurônios são rearranjadas, outras tantas sinapses são reforçadas e múltiplas possibilidades de respostas ao ambiente tornam-se possíveis. Portanto, "o mapa cortical de um adulto está sujeito a constantes modificações com base no uso ou atividade de seus caminhos sensoriais periféricos.

2.4 Neurônio – principal componente do sistema nervoso que funciona como redes de informações

A célula nervosa, ou, simplesmente, neurônio, é o principal componente do sistema nervoso. Considerada sua unidade anatomo-fisiológica, estima-se que no

cérebro humano existam aproximadamente 15 bilhões destas células, responsável por todas as funções do sistema.

Os neurônios são a base de toda a estrutura de processamento de informações e procedimentos do cérebro. De suas conexões depende a percepção do mundo, o aprendizado, o desenvolvimento das paixões, a raiva e o altruísmo. Uma vez estimulado, um neurônio repassa a informação a outro neurônio por meio de um processo eletroquímico. Os sinais elétricos se propagam como ondas pelos axônios, algo como longos tentáculos do neurônio. Esses impulsos são transformados em sinais químicos nas sinapses, o ponto de contato entre neurônios.(Fialho, 1997).

Existem diversos tipos de neurônios, com diferentes funções dependendo da sua localização e estrutura morfológica, mas em geral constituem-se dos mesmos componentes básicos segundo Fialho (1997):

- corpo do neurônio (soma) constituído de núcleo e pericário, que dá suporte metabólico à toda célula;
- axônio (fibra nervosa) prolongamento único e grande que aparece no soma. É responsável pela condução do impulso nervoso para o próximo neurônio, podendo ser revestido ou não por mielina (bainha axonal), célula glial especializada, e;
- os dendritos que são prolongamentos menores em forma de ramificações (arborizações terminais) que emergem do pericário e do final do axônio, sendo, na maioria das vezes, responsáveis pela comunicação entre os neurônio através das sinapses.

Basicamente, cada neurônio, possui uma região receptiva e outra efetora em relação a condução da sinalização.

A sinapse é a estrutura dos neurônios através da qual ocorrem os processos de comunicação entre os mesmos, ou seja, onde ocorre a passagem do sinal neural (transmissão sináptica) através de processos eletroquímicos específicos, isso graças a certas características particulares da sua constituição.

Em uma sinapse os neurônios não se tocam, permanecendo um espaço entre eles denominado fenda sináptica, onde um neurônio pré-sináptico liga-se a um outro denominado neurônio pós-sináptico. O sinal nervoso (impulso), que vem através do axônio da célula pré-sináptica chega em sua extremidade e provoca na fenda a liberação de neurotransmissores depositados em bolsas chamadas de vesículas sinápticas. Este elemento químico se liga quimicamente a receptores específicos no neurônio pós-sináptico, dando continuidade à propagação do sinal. (Fialho, 19997).

Um neurônio pode receber ou enviar entre 1.000 a 100.000 conexões sinápticas em relação a outros neurônios, dependendo de seu tipo e localização no sistema nervoso. O número e a qualidade das sinapses em um neurônio pode variar, entre outros fatores, pela experiência e aprendizagem, demonstrando a capacidade plástica do sistema nervoso.

Funcionalmente, pode-se afirmar que o sistema nervoso (SN) é composto por neurônios sensoriais, motores e de associação. As informações provenientes dos receptores sensoriais aferem ao Sistema Nervoso Central (SNC), onde são integradas (codificação/comparação/armazenagem/decisão) por neurônios de associação ou interneurônios, e enviam uma resposta que efere a algum órgão efetor (músculo, glândula). Kandel, 1991, sugere que o "movimento voluntário é controlado por complexo circuito neural no cérebro interconectando os sistemas sensorial e motor. (...) o sistema motivacional". As respostas desencadeadas pelo SNC são tão mais complexas quanto mais exigentes forem os estímulos ambientais (aferentes). (Tafner URL: <http://www.epub.org.br/cm/05/tecnologia/nervoso.html>, acessado em 15/05/2000).

Entretanto, a fina complexidade do sistema nervoso e as diversas barreiras metodológicas que existem neste campo para o estudo objetivo de sua estrutura e função requerem uma colaboração extensa entre muitas disciplinas científicas. Biologia molecular e celular, biologia do desenvolvimento, genética, bioquímica, biofísica, farmacologia, eletrônica, tecnologia de informação, engenharia biomédica, matemática,

estatística, física, ciências cognitivas, psicologia, linguística e muitas outras, convergem e se interconectam naquela que provavelmente é a mais interdisciplinar de todas as ciências. A explicação disto é simples: “a neurociência é essencialmente integrativa, porque o seu objeto de estudo (o cérebro) é um órgão integrativo !” (Cardoso e Sabbatini URL:<http://www.epub.org.br/cm/06/opinião/interdisc.html>, acessado em 03/03/2000).

2.5 Mas o que é disciplina, o que é interdisciplinariedade e o que é multidisciplinariedade? Qual é o seu valor hoje e como alcançá-lo?

Quais são as diferenças entre interdisciplinariedade e multidisciplinariedade? À medida em que a neurociência objetiva realizar o maior desafio de todas as investigações científicas, este entendimento é importante para muitas coisas.

De acordo com Nissani (1995), uma disciplina é "algo comparativamente auto-contido e isolado do domínio da experiência humana, o qual possui sua própria comunidade de especialistas com componentes distintos tais como metas, conceitos, habilidades, fatos, habilidades implícitas, e metodologias".

Interdisciplinariedade, por outro lado, é "a união dos componentes distintos de duas ou mais disciplinas" na pesquisa ou educação, conduzindo a novos conhecimentos que não seriam possíveis se não fosse esta integração.

A multidisciplinariedade ocorre quando as disciplinas trabalham lado a lado em distintos aspectos de um único problema. A interdisciplinariedade ocorre quando as disciplinas se integram e colaboram entre si.

Por exemplo, a membrana de um neurônio pode ser estudada separadamente pela química ou física como uma fase complexa de moléculas orgânicas com propriedades elétricas distintas, abstraindo inteiramente o fato de que ela é parte de uma célula viva e o resultado de uma evolução orgânica. Isto é pesquisa multidisciplinar. Entretanto, quando a estrutura da membrana e suas propriedades e funções são

estudadas usando uma abordagem combinando as contribuições de várias disciplinas trabalhando juntas, nós temos a interdisciplinariedade. Por exemplo, em um projeto de pesquisa descrito como "a influência de um sistema segundo-mensageiro sobre a conformação molecular de canais iônicos e suas consequências na integração de informação de entrada pelos campos dendríticos de neurônios geneticamente defeituosos na área visual, usando imagens eletrônicas e microfabricação de eletrodos" nós notamos a colaboração de disciplinas de bioquímica, biofísica, neuroanatomia, biologia celular, genética, eletrofisiologia, eletrônica, química, engenharia, entre outras. O resultado desta pesquisa aparentemente importante não seria possível sem esta integração.

O grau de interdisciplinariedade pode variar em muitos domínios, é claro. Nissani propõe caracterizar o grau de integração interdisciplinar em quatro critérios:

- número de disciplinas que está envolvido;
- grau de similaridade entre elas (por ex., matemática e física são similares, genética molecular e eletrônica são menos similares);
- a novidade e criatividade envolvida na combinação, e o grau de integração.

A interdisciplinariedade também muda e evolui. Aquilo que foi interdisciplinariedade no passado, tais como a integração entre biologia e física, tornou-se uma disciplina, por ex., biofísica, com o seu próprio conjunto de experimentos.

Leonardo da Vinci representou um ideal que não se pode mais alcançar: o "Homem do Renascimento", que era capaz de dominar simultaneamente muitas formas do conhecimento. Leonardo foi um notável pintor, escritor, filósofo e cosmólogo. A explosão do conhecimento, que começou no Iluminismo e na Era Industrial, e que continua com uma velocidade espantosa em nossa atual Era da Informação (a Biblioteca Nacional de Medicina estima que o conhecimento médico publicado está dobrando em tamanho a cada quatro anos!), deste modo, é impossível a um único cientista abranger qualquer coisa que seja maior que o seu minúsculo campo de especialidade.

A consequência, segundo Leland Miles (apud Cardoso e Sabbatini, URL: <http://www.epub.org.br/cm/n06/opinião/interdisc.html>, acessado em 03/03/2000), é que "à medida que o conhecimento explode e se fragmenta, torna-se impossível para um indivíduo compreender os diversos fragmentos. Para evitar se afogar neste crescente oceano de conhecimento, cada um de nós tipicamente se agarra em apenas um ou dois 'objetos flutuantes' como se nossa vida dependesse deles, impedindo-nos assim, de olhar a nossa volta. Tentar enxergar para mais além desses poucos fragmentos, significa ser subjugado pelo tamanho deste oceano. Para evitar isso, preferimos permanecer ignorantes de tudo, menos de nossos próprio domínios".

Portanto, poderá ocorrer um bloqueio de muitas pesquisas novas, a menos que aprendamos a cooperar através da pesquisa e educação interdisciplinares. O maior obstáculo para isto é a maneira pela qual as universidades são organizadas. O modelo departamental, onde as disciplinas são isoladas, ensinadas e pesquisadas separadamente, com muito pouco em comum, está condenado, porque isto atrapalha a interação e a integração. Os estudantes não aprendem como trabalhar em equipes interdisciplinares, como pensar de maneira interdisciplinar; deste modo eles simplesmente passarão a repetir as limitações dos seus próprios professores.

O desdobramento da interdisciplinariedade exigirá uma verdadeira revolução, uma reforma abrangente em nossos laboratórios e escolas. A neurociência tem sido exemplar em mostrar os novos caminhos: em todo o mundo, muitos centros de pesquisa e programas educacionais interdisciplinares e multidisciplinares têm sido fundados com sucesso.

Com o objetivo de viabilizar programas interdisciplinares, um novo tipo de profissional está sendo necessário, que seja capaz de trabalhar facilmente com especialistas de muitas das disciplinas que estão sendo integradas e interagir simultaneamente com vários deles. Alguém na equipe deve ter a visão abrangente do projeto, e como e quando as disciplinas vão interagir.

Nós podemos entender como deve ser este profissional, examinando o seguinte modelo conceitual: O Pesquisador Interdisciplinar de Neuroinformática. O pesquisador Interdisciplinar está "Em Cima do Muro", ou seja, não se aprofunda nas duas especialidades envolvidas, mas consegue manter-se em contato com ambas e integrar os conhecimentos de cada uma.

Podemos imaginar que dois pesquisadores que trabalham em campos separados e não similares do conhecimento são incapazes de olhar para além de suas disciplinas, "para o outro lado do muro", digamos assim. O pesquisador interdisciplinar, contudo, "fica em cima do muro" e é capaz de enxergar ambos os lados simultaneamente. Ele não tem uma visão em profundidade dos domínios disciplinares, mas tem um razoável domínio sobre ambos; e é justamente isto que é necessário: que ele coordene e integre os membros da equipe disciplinar.

Por exemplo: suponhamos que queremos entender como uma população de neurônios codifica informação sensorial. Para fazer isto, nós devemos contar com um neurofisiologista celular, um matemático e um engenheiro de software, de forma que possamos implementar e usar uma metodologia apropriada usando registro celular isolado, aquisição de dados computadorizada e análise matemática do comportamento do neurônio.

A existência de um líder de equipe com conhecimento e experiência em todas estas áreas facilitará tremendamente o desenvolvimento de tal projeto. (Cardoso & Sabbatini, [URL:http://www.epub.org.br/cm/n06/opinião/interdisc.html](http://www.epub.org.br/cm/n06/opinião/interdisc.html), acessado em 14/05/2000).

CAPÍTULO 3. O SISTEMA VISUAL

3.1 Como ele está equipado?

O sistema visual “está equipado ‘por construção’ com instrumentos capazes de reconhecer uma borda visual e sua orientação, uma fenda, uma linha, um ângulo, um segmento; esses perceptos são como as unidades elementares de nossa percepção dos objetos e do espaço” (Aumont, 1993, p. 29).

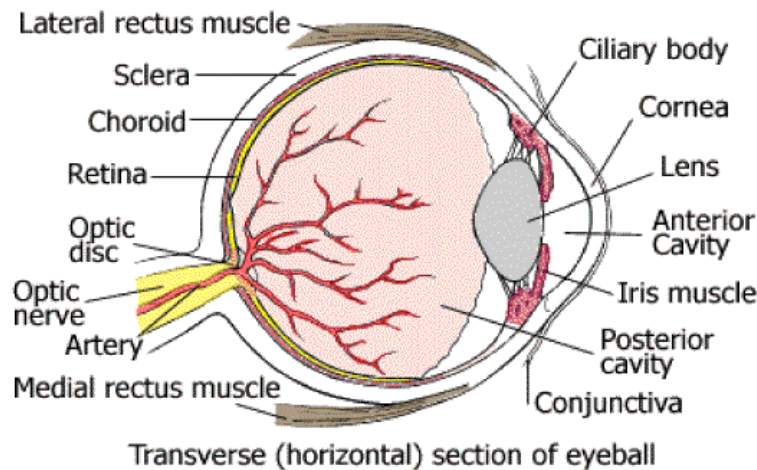


Figura 3.1. O Globo Ocular. Fonte: Fialho, 1997.

O fenômeno da visão pode ser decomposto da seguinte forma: os raios luminosos atravessam a íris e encontram a retina. A energia luminosa é então transformada em energia bioelétrica que, sob a forma de um estímulo nervoso, se propaga ao longo do nervo ótico até o cérebro. Desde a primeira série de neurônios intermediários são criados novos impulsos que vão na direção dos centros que controlam o olho, modificando o diâmetro da pupila, a curvatura do cristalino e os movimentos dos globos oculares. (Fialho, 1997).

Em frente do globo ocular existem uma série de estruturas refratárias (a córnea e a lente) que refratam a luz em um esforço para convergir os raios de luz divergentes, de cada região do espaço, de tal forma que eles cheguem a uma determinada região da retina. Resumindo, a camada fotoreceptora do sistema ótico ocular cria uma fotografia da cena observada.

A retina é dotada de terminações nervosas constituídas de dois tipos de fotoreceptores: Cones e Bastonetes. Os cones estão essencialmente localizados no centro da retina (Fóvea) e permitem uma visão para as cores e de forma precisa, para níveis de iluminação. Os bastonetes, mais numerosos que os cones, se localizam, preferencialmente, na periferia e não são sensíveis a diferenças de cores mas permitem a visão noturna e a visão periférica.(Fialho, 1997).

A transdução (transmissão) sensorial ocorre em um conjunto bi-dimensional de fotoreceptores, os quais cobrem o fundo do globo ocular. Estes sinais são então processados pelos neurônios que constituem a retina neural, um conjunto de células ganglionárias cujos axônios se agrupam para formar o nervo ótico.

Verificou-se que os neurônios da retina são, primordialmente, sensores de contraste. Cada neurônio dispara a intervalos regulares. Quando uma porção da retina é atingida pela luz, e desde que as regiões a volta estejam 'menos iluminadas', os neurônios correspondentes podem começar a disparar em intervalos menores, maiores, ou mesmo cessam de disparar. (Fialho, 1997).

Esse comportamento implica na existência de dois tipos de neurônios, os que estão centrados passam a disparar mais rápido, e os que ficam fora do centro disparam mais rápido quando a região central está mais escura. Em uma iluminação uniforme, os neurônios se mantêm inalterados.

Os sinais provenientes da retina se encaminham, através do nervo ótico, até o geniculado lateral que está localizado próximo ao meio do cérebro. O 'geniculado lateral' parece ser uma estação de releamento, não realizando, pelo menos aparentemente, nenhuma função adicional (na verdade ocorre uma melhora com relação a sensibilidade ao contraste). Como os neurônios do 'geniculado lateral' estão arranjados em três dimensões, o que ocorre, na verdade, é um mapeamento de duas para três

dimensões. Do 'geniculado', os sinais se dirigem ao córtex visual onde ocorrem novos tipos de processamento. (Fialho, 1997).

As células do córtex são divididas em três categorias; simples, complexas e hiper complexas. Células simples atuam de forma semelhante aos neurônios da retina. Células complexas recebem informações, usualmente, de mais de uma centena de outras células. Detectam barras de luz ou de escuridão que estejam orientadas em ângulos específicos na retina. Células hiper complexas respondem a 'cantos', 'barras' ou mesmo 'linhas' se movendo em direções específicas.

O córtex visual pode ser considerado uma peça de hardware a nível sistêmico, inteiramente dedicado ao 'processamento de informações visuais'. O ponto exato em que os *sinais*, circulando em complexas redes nervosas, se transformam em *símbolos*, é um mistério sobre o qual diversas teorias já foram elaboradas. Alguns propõem a existência de células-conceito, as nossas ultra-super-hiper complexas, onde estariam armazenados esses símbolos. Nada que se aproxime do reconhecimento de objetos foi localizado no córtex visual. Isto significa que ninguém sabe onde ou como as saídas das células complexas e hipercomplexas são transformadas no reconhecimento consciente das formas, fotografias, faces, e etc.(Fialho, 1997).

Chamamos de Campo Visual a todo espaço capaz de enviar estímulos à nossa retina quando mantemos a cabeça e o olhar fixos em um ponto determinado. Normalmente o campo visual estende-se horizontalmente por 70° a 80° e, verticalmente por 50° a 60°. (Fialho, 1997).

3.2 A visão e suas transformações

A experiência cotidiana e a linguagem corrente nos dizem que vemos com os olhos. Isso não é falso: os olhos são um dos instrumentos da visão. Entretanto deve-se acrescentar que são apenas um dos instrumentos, e, sem

dúvida o mais complexo. A visão é, de fato, um processo que emprega diversos órgãos especializados. Segundo Aumont (1993) numa primeira aproximação pode-se dizer que a visão resulta de três operações distintas e sucessivas: ópticas, químicas e nervosas.

3.2.1 Transformações ópticas

Os raios luminosos provenientes de uma fonte (o sol por exemplo) vem atingir o objeto (suponhamos um bastão branco), que deles refletem uma parte em todas as direções ; entre os raios refletidos, certa quantidade penetra na abertura da camera obscura e vai formar uma imagem (invertida) do objeto sobre a parede do fundo. Por ser uma luz bastante difusa, apenas uma pequena quantidade alcança essa parede : a imagem é portanto extremamente pálida. Para aumentar sua luminosidade é necessário que se intensifique a quantidade de luz que penetra na camera obscura, alargando a abertura. Para atenuar esse defeito é que a partir do século XVI foram inventadas as lentes convergentes: pedaços de vidro especialmente talhados para coletar a luz em toda a sua superfície e concentrá-la em um único ponto.

Esse é o princípio da “captura” de uma grande quantidade de raios sobre uma superfície, e da concentração deles sobre um ponto, que muitos instrumentos de óptica utilizam, embora hoje a maioria tenha objetivos mais complexos, com o uso de combinações de lentes, é esse mesmo princípio que funciona no olho.

O Olho é um globo aproximadamente esférico, de diâmetro em torno de dois centímetros e meio, revestido por uma camada em parte opaca (a esclerótica), e em parte transparente. É esta última parte, a córnea, que garante a maior parte de convergência dos raios luminosos. Atrás da córnea encontra-se a íris, músculo esfíncter comandado de modo reflexo, que delimita em seu centro uma abertura, a pupila, cujo diâmetro vai de 2 a 8 milímetros aproximadamente (Aumont, 1993, p.19). A pupila abre-se para deixar entrar

luz, quando esta é pouco intensa, e fecha-se em caso contrário. Quanto mais a pupila se fechar maior será a profundidade de campo. Isso pode ser facilmente verificado, por exemplo, quando se produzem aberturas artificiais da pupila pela atropina (para examinar o fundo de olho ou tratá-lo); não se vê “mais claro”, mas “menos nítido”. Aliás o tamanho da pupila varia, espontaneamente, em função de estados emocionais diversos: medo, raiva, estados induzidos por psicotrópicos.

Enfim, a luz que atravessou a pupila deve ainda atravessar o cristalino, que a faz convergir mais ou menos. O cristalino é do ponto de vista óptico, uma lente biconvexa, de convergência variável. É esta variabilidade que se chama acomodação. Acomodar é fazer variar a convergência do cristalino ao torná-lo mais ou menos abaulado, em função da distância da fonte da luz. Para manter a imagem nítida no fundo do olho será tanto mais necessário aumentar a convergência dos raios quanto mais próxima estiver a fonte luminosa. É ainda um processo reflexo, bastante lento, já que é preciso um segundo para passar da acomodação mais próxima à mais distante.

É costume comparar o olho a uma máquina fotográfica em miniatura: está certo, desde que se atente que a comparação só se aplica à parte puramente óptica do processo da luz.

3.2.2 Transformações químicas

O fundo do olho é revestido por uma membrana, a retina, na qual se encontram inúmeros receptores de luz. Esses receptores são de dois tipos: os bastonetes (em torno de 120 milhões) e os cones (em torno de 7 milhões); estes últimos estão presentes nas imediações da *fóvea*, espécie de pequena cavidade da retina, quase sobre o eixo do cristalino, particularmente rica em receptores.

Bastonetes e cones comportam moléculas de pigmento (em torno de 4 milhões de moléculas por bastonete) contendo uma substância, a rodopsina, que absorve *muitos* luminosos, e decompõe-se, por reação química, em duas outras substâncias. Uma vez operada essa decomposição, a molécula em decomposição nada mais pode absorver; em compensação, se for interrompido o envio de luz, a reação se enverterá e a rodopsina se recomporá (é preciso permanecer no escuro por volta de três quartos de hora (20 minutos) para que todas as moléculas de rodopsina da retina se recomponham, mas a metade já é recomposta ao término de 5 minutos): pode-se então tornar a pôr em funcionamento essa molécula.

Dito de outra forma, a retina está diante de um gigantesco laboratório de química. É muito importante compreender, entre outras coisas, o que se chama imagem retiniana nada mais é do que a projeção óptica obtida sobre o fundo do olho, graças ao sistema de córnea+pupila+cristalino – e que essa imagem, ainda de natureza óptica, é *tratada* pelo sistema químico retiniano, que a transforma numa informação de natureza totalmente diferente. É essencial compreender que não vemos nossa imagem retiniana, apenas um oftalmologista que utiliza aparelho especial pode percebê-la.

3.2.3 Transformações nervosas

Cada receptor retiniano está ligado a uma célula nervosa, por um relé (que se chama sinápsis); cada uma dessas células está, por meio de outras sinápsis, ligada por sua vez a uma célula que constituem as fibras do nervo óptico. As comunicações entre essas células são muito complexas: aos dois níveis sinápticos já mencionados somam-se múltiplas ligações transversais, que agrupam as células em rede. O nervo óptico parte do olho e chega a uma região lateral do cérebro, a articulação, de onde novas conexões nervosas saem em direção a parte posterior do cérebro, para chegarmos ao córtex estriado.

De modo muito esquemático, pode-se dizer que essa rede extremamente densa e complexa representa um terceiro e último estágio de processamento de informação, tratada de óptica e em seguida de química. Em regra geral, não há correspondência ponto a ponto, mas ao contrário, multiplicação de correspondências transversais: o sistema visual não se contenta em copiar a informação; processa-a em cada estágio. Assim, por exemplo, as sinapses não são simples relés; tem ao contrário papel ativo, algumas sendo "excitadoras" e outras "enibidoras".

Essa parte do sistema perceptivo é mais importante, mas também a menos conhecida, já que se começou a ter idéias um pouco exatas sobre sua estrutura e seu funcionamento há apenas trinta anos. Ainda não se sabe com exatidão como a informação passa do estágio químico ao estágio nervoso (a própria natureza do sinal nervoso, que apenas metaforicamente é comparável a um sinal elétrico, não é total e clara). Se o olho se assemelha até um certo ponto a uma máquina fotográfica, se a retina é comparável a uma espécie de chapa sensível, o melhor da percepção visual realiza-se depois, através de um processo de tratamento da informação que, como todos os processos cerebrais, está mais próximos de modelos informáticos ou cibernéticos do que modelos mecânicos ou ópticos ("mais próximos não querendo evidentemente dizer que esse modelos sejam necessariamente adequados").(Aumont,1993, p.22).

3.3 Percepção da imagem



Figura 3.2. Percepção Visual. Fonte: Sílvia Helena Cardoso, 1998.

A percepção visual é o processamento, em etapas sucessivas, de uma informação que nos chega por intermédio da luz que entra em nossos olhos. Como toda informação, esta é *codificada* – em um sentido que não é o da semiologia: os códigos são, aqui, regras de transformação naturais (nem arbitrarias, nem convencionais) que determinam a atividade nervosa em função da informação contida na luz. Falar de codificação da informação visual significa, pois, que nosso sistema visual é capaz de localizar e interpretar certas regularidades nos fenômenos luminosos que atingem nossos olhos. Em essência essas regularidades referem-se a três características da luz: sua intensidade, seu comprimento de onda e sua distribuição no espaço. (Aumont, 1993, p.22).

3.3.1 A intensidade de luz: percepção da luminosidade

O que vivenciamos como a maior ou menor luminosidade de um objeto corresponde, na verdade, à nossa interpretação, já modificada por fatores psicológicos, por exemplo, da quantidade real de luz emitida por esse objeto, se for uma fonte luminosa, como o sol, uma chama, uma lâmpada elétrica etc, ou da quantidade de luz refletida por ele.

Em essência, o olho reage aos fluxos luminosos. Quando esse fluxo aumenta o número de células retinianas atingidas torna-se maior, as reações de decomposição da rodopsina produzem-se em maior quantidade e o sinal

nervoso torna-se mais intenso. Com exceção dos objetos pouco luminosos que não são percebidos e de objetos muito luminosos, que emitem luminosidade tão intensa a ponto de destruir o sistema nervoso. É costume distinguir dois tipos de objetos luminosos, correspondentes a dois tipos de visão: a *visão fotópica* – corresponde a toda gama de objetos que consideramos como normalmente iluminados por uma luz diurna; aciona sobretudo os cones, responsáveis pela percepção das cores. A visão fotópica é cromática. A *visão escotópica* – corresponde a visão noturna – predominância dos bastonetes; percepção acromática, de fraca acuidade, e que diz respeito, sobretudo quando está muito escuro, a periferia da retina.

É claro que é muito simplificada essa apresentação do desempenho do olho diante dos fluxos luminosos; não foram levados em consideração todas as variações acarretadas pela retina.

3.3.2 O comprimento de onda: percepção da cor

Assim como o sentimento de luminosidade provém das reações do sistema visual à luminância dos objetos, o sentimento de cor provém de suas reações ao comprimento de onda das luzes emitidas ou refletidas por esse objetos : contrariamente à nossa impressão espontânea, a cor – bem como a luminosidade – não está “nos objetos”, mas “em nossa percepção.”(Aumont,1990, p.25).

A percepção da cor é devido a atividade de três variedades de cones retinianos, em que cada um é sensível a um comprimento de onda diferente (para uma pessoa normal, não daltônica, esse comprimentos de onda são de 0,440 u, 0,535 u e 0,565 u, correspondentes respectivamente a azul-violeta, verde-azul e verde-amarelo). Não descrevemos a codificação em estágios terminais do sistema visual, em razão de sua complexidade; basta mencionar que certos agrupamentos de células, da retina ao córtex, são especializados

na percepção da cor, e que esta é uma das dimensões essencial de nosso mundo visual. (Aumont, 1990, p. 26).

3.3.3 A distribuição espacial da luz: as bordas visuais

Todo mundo sabe, mesmo de modo confuso, que o olho está equipado para ver a luminosidade e a cor dos objetos, poucos sabem que ele está também equipado para perceber os limites espaciais desses objetos, suas bordas (Aumont. 1990, p. 27).

A noção de “borda visual” designa a fronteira entre duas superfícies de luminância diferente – qualquer que seja a causa dessa diferença de luminância – para um dado ponto de vista (há uma borda visual entre duas superfícies em que uma está atrás da outra, por exemplo; mas se o ponto de vista muda, a borda não estará no mesmo lugar).

O que é ver uma imagem, o que é percebê-la, e como essa percepção se caracteriza com relação aos fenômenos perceptivos em geral?

A percepção visual é uma atividade complexa que não se pode separar das grandes funções psíquicas, a inteligência, a cognição, a memória, o desejo. Assim a investigação, iniciada do exterior, ao seguir a luz que penetra no olho, leve logicamente a considerar o sujeito que olha a imagem – aquele que constrói a imagem, o que chamamos de expectador ou observador. É claro que esse observador jamais tem com as imagens, uma relação abstrata “pura”, separada de toda a realidade concreta.

Segundo Aumont, (1990, p.15), a visão efetiva das imagens realiza-se em um contexto multiplamente determinado: contexto social, contexto institucional, contexto técnico, contexto ideológico. É o conjunto desses fatores que regulam a relação do observador com a imagem, que chamamos de dispositivos. Ao ter assim considerado os principais aspectos da relação entre

uma imagem concreta e seu destinatário concreto, torna-se possível o funcionamento próprio da imagem. Que relação o observador estabelece com o mundo real, ou seja, como a imagem o representa? Quais são as formas e os meios dessa representação, como ele trata as grandes categorias de nossa concepção da realidade que são o espaço e o tempo? E também, como a imagem inscreve significações? As especificidades das imagens, de suas virtudes e seus valores particulares.

Se existem imagens é porque temos olhos: é evidente. As imagens, artefatos mais abundantes e importantes em nossa sociedade, não deixam por isso de ser objetos visuais como os outros, regidos exatamente pelas mesmas leis perceptivas. Vamos começar por um breve estudo dessas leis.

A percepção visual é, de todos os modos de relação entre o homem e o mundo que o cerca, um dos mais bem conhecidos. Há um vasto corpus de observações empíricas, de experimentos, de teorias, que começou a constituir-se desde a antiguidade. O pai da geometria Euclides, foi também em torno de 300 a. C, um dos fundadores da óptica – ciência da propagação dos raios luminosos – e um dos primeiros teóricos da visão. Na era moderna, artistas e teóricos como Alberti, Dürer, Leonardo da Vinci, filósofos como Descartes, Berkeley, Newton, e, é claro físicos, empenharam-se nessa exploração (Aumont, 1990, p. 17).

É no século XIX que começa verdadeiramente a teoria da percepção visual, com, Helmholtz e Fechner. Em data recente, desde a última guerra, os laboratórios da psicofísica desenvolveram-se e a quantidade de observações e experiências tornou-se considerável. Em resumo, o estudo da percepção visual tornou-se mais científico, mas ainda se está bastante longe de saber tudo sobre o complexo fenômeno.(Aumont, 1990).

O estudo da percepção situa-se num nível menos sensorial e mais cognitivo. Segundo M. Reuchlin a percepção é uma construção, um conjunto

de informações selecionadas e estruturadas, em função da experiência anterior, das necessidades e das intenções do organismo implicado ativamente numa determinada situação.(Fialho, 1997).

As duas tendências conflitantes nas neurociências são a de se acreditar na possibilidade ou impossibilidade de entender o fenômeno da percepção baseado somente nas propriedades de neurônios individuais. Aparentemente, a percepção depende da atividade simultânea e cooperativa de milhões de neurônios espalhados através do córtex.

A Teoria do Caos é uma das técnicas mais promissoras na busca por uma ordem oculta nos complexos e aparentemente aleatórios comportamentos do cérebro durante a percepção. A diferença entre fenômenos caóticos e aleatórios pode ser super simplificada se compararmos, ao caos, o comportamento de um painel luminoso de alarmes numa sala de controle durante um 'blackout' e, à aleatoriedade, o comportamento de uma multidão, aterrorizada por algum motivo.(Fialho, 1997).

3.4 Percepção das cores – neurônios fabricantes de cores

O mistério da percepção das cores tem chamado a atenção de filósofos, físicos, biólogos e escritores há séculos. Não por acaso, o assunto mereceu especial atenção de sábios e pesquisadores influenciados pelo Iluminismo. O alemão Johann Wolfgang Goethe (1749-1832) escreveu seu tratado sobre as cores impressionado com a incompatibilidade entre as teorias clássicas e a realidade. Goethe reconheceu e analisou, no final do século XVIII, alguns fenômenos que seriam identificados quase duzentos anos depois. (Sacks, 1995)

O escritor cientista notava a persistência mágica de imagens na retina e as ilusões produzidas pela cor e por outros estímulos visuais. Goethe estava preocupado com a maneira como vemos a realidade, como a transformamos em registros particulares do mundo externo. Segundo ele, esses fenômenos não são explicados pela

física de Newton, mas pelo funcionamento interno do cérebro. Para o escritor, "a ilusão de óptica é a verdade óptica".

O escrito de Goethe foi muito criticado na época, tido como uma espécie de exercício pseudocientífico. Outro alemão, Hermann Von Helmholtz, entretanto, daria novos subsídios aos adeptos da teoria da ilusão das cores. O cientista demonstrou que, no processo de percepção, as cores dos objetos são preservadas mesmo com grandes e significativas alterações no comprimento de onda que os iluminam. O comprimento de onda da luz que ilumina uma banana, por exemplo, varia de acordo com a fonte de luz e a posição do observador. No entanto, a fruta permanece sempre amarela. Esse fenômeno não poderia ser uma simples transformação dos dados do comprimento da onda em cor. Helmholtz concluiu que deveria haver uma "inferência consciente", um processo de correção automática dos dados recebidos, uma maneira interna de organizar o caos de estímulos e dar-lhes um significado.(Sacks, 1995).

Em 1957, Edwin Land (apud Sacks 1995) o inventor da Polaroid, realizou uma formidável demonstração teórica da ilusão das cores. Fez duas imagens em preto e branco da mesma cena, usando dois filtros: um vermelho e outro verde. Depois projetou a primeira imagem com filtro vermelho e, sobre ela, a segunda, com luz branca comum. Esperava-se uma imagem em tons caóticos de rosa. Mas, para surpresa geral, brotou uma moça com cabelos loiros, casaco vermelho e perfeitos tons naturais de pele.

O teatro das células cerebrais – a experiência não pôde ser satisfatoriamente explicada na ocasião e não rendeu novos conceitos científicos. Para muitos, no entanto, provava a teoria de Goethe, da ilusão das cores. O azul e o vermelho não estão lá, de fato, mas são impressões criadas pelo cérebro.

Criamos nossas cidades com o trabalho das mãos, mas as vemos segundo os caprichos do cérebro. No grande teatro da vida, vemos apenas as peças que as células do cérebro decidem representar.

3.5 *PERCEPT* – o conhecimento do objeto tal como ele é percebido pelo sujeito

O sistema visual não existe para nos entreter com bonitos padrões e cores; ele é arquitetado para nos dar uma noção das verdadeiras formas e materiais encontrados no mundo.

Existem boas evidências de que os seres humanos dividem objetos em suas partes e relações entre essas partes. Se as partes são codificadas separadamente, o sistema de representação da forma ignorará suas localizações no campo visual. Mas a posição relativa das partes é importante na determinação da forma. (Fialho, 1997).

O cérebro busca informações, principalmente, dirigindo a visão, ouvindo e cheirando. Essa busca resulta da atividade auto organizada do sistema límbico – uma parte do cérebro que inclui o córtex entorrínico e que se pensa estar envolvida nos fenômenos da emoção e da memória – que envia um comando de busca ao Sistema Motor.

A medida que o Sistema Motor é excitado, o Sistema Límbico envia o que é chamada de mensagem de referência, alertando todo o Sistema Sensorio para se preparar para responder à uma nova informação. Quando a informação é adquirida, a atividade síncrona de cada sistema é transmitida de volta ao Sistema Límbico onde é combinada com outros estímulos para formar a Gestalt.

Segundo Pinker (1999) os especialistas em visão estéreo, movimentos, contornos e sombras têm trabalhado muito para recuperar a terceira dimensão. Seria natural usar os frutos de seus trabalhos para construir uma representação tridimensional do mundo. Um modelo tridimensional corresponderia à nossa compreensão definitiva do mundo. Quando uma criança se aproxima de nós e depois se afasta, nós a vemos crescer e diminuir; e não pensamos que os objetos desaparecem quando desviamos o olhar ou os

cobrimos. Conseguimos lidar com a realidade, porque nosso pensamento e ação são guiados pelo conhecimento de mundo maior, estável e sólido. Talvez, esta visão nos dê aquele conhecimento em forma de um modelo de escala.

Um modelo tridimensional poderia ter uma lista de milhões de coordenadas dos minúsculos cubos que compõem um objeto sólido, chamado elementos de volumes ou “*voxels*” por analogia de elementos da imagem ou “*pixels*” componentes de uma imagem. Cada trinca de coordenadas é associada a uma informação. Obviamente se o cérebro armazenasse voxels, estes não precisariam ser armazenados em um cubo tridimensional dentro da cabeça, da mesma forma que não são organizados em um cubo tridimensional dentro de um computador. Tudo o que interessa é que cada *voxel* possua um conjunto consistente de neurônios dedicados para ele, para que os padrões de disparos possam registrar os conteúdos de volume ou *voxel*.

Não há problema com a idéia que alguns software de demonstração ou algoritmos de busca ou uma rede neural acesse informações a partir de um modelo em escala, desde que nós tenhamos clareza, que ele acessa a informação diretamente: entram coordenadas de um *voxel* e saem conteúdos de *voxel*. Não pense que o algoritmo de busca vê o modelo em escala. Lá dentro é completamente escuro, e o encarregado da busca não possui cristalino, retina ou um ponto de observação; ele está em qualquer lugar e em toda parte. Não há projeção, perspectiva, campo de visão, nem oclusão. (Pinker, 1999).

Mesmo a visão tridimensional, livre de ilusão que o cérebro tanto se empenha para conseguir, não se parece nada com isso, no máximo temos uma apreciação abstrata da estrutura estável do mundo a nossa volta, o imediato, resplandescente senso de cor e forma que domina nossa percepção, quando nossos olhos estão abertos é completamente diferente.

A visão não é um teatro em círculo. Nós vivenciamos somente experiências que estão diante dos nossos olhos, o mundo está além deste perímetro do campo visual e atrás da cabeça é conhecido de maneira vaga, quase um sentido intelectual. Eu sei que há uma estante de livros atrás de mim e uma janela em minha frente, mas eu vejo somente a janela, a estante não. O

cérebro não é uma câmera panorâmica. Estudos de laboratórios têm mostrado que quando as pessoas movimentam olhos ou cabeças, elas imediatamente perdem os detalhes gráficos do que elas estavam olhando.

Nós não temos visão Raio-X. Nós vemos superfícies e não volumes. Se você me observar colocando um objeto dentro de uma caixa ou atrás de uma árvore, você saberá que ele está ali, mas não o vê e não pode descrever seus detalhes. Nós mortais, poderíamos ter sido equipados com uma memória fotográfica que atualiza um modelo tridimensional, acrescentando informações de visões anteriores, onde quer que elas se encaixem. Mas nós não fomos equipados assim. Em se tratando de detalhes visuais complexos, longe dos olhos, longe da mente.

Não vemos imediatamente "objetos" os pedaços de matéria móveis que contamos, classificamos, rotulamos com nomes (como objetos). Até onde esta visão concerne, nem mesmo é claro o que um objeto é. Quando David Marr pensou em como projetar um sistema de visão computadorizado para encontrar objetos, ele foi forçado a perguntar: Uma boca é um objeto? Uma cabeça também é, mesmo se presa a um corpo? O que é um homem sobre um cavalo? Estas perguntas são difíceis de tentarmos formular uma resposta, tanto quanto os problemas filosóficos. Não existe verdadeiramente uma resposta para elas. Estas coisas podem ser um objeto se você quer pensar nelas deste modo, ou podem ser parte de um objeto maior". (Pinker, 1999, p. 275).

Vemos imagens através da ilusão de ótica. O cérebro também cria ilusões numa tentativa de manter coerente a geometria. Ilusões não são meras curiosidades.

A filosofia céptica, tão velha quanto a própria filosofia, as tem empregado para negar a possibilidade do conhecimento: o remo, na água, parece curvo; a terra redonda, à distância, parece plana; o dedo gelado percebe água morna como se fosse quente, enquanto que o dedo quente percebe a água morna como se fosse fria.

Ao contrário, nós temos uma sensação quase palpável de superfícies e os limites entre eles. A mais famosa ilusão da psicologia vem do cérebro, que luta incansavelmente para esculpir o campo visual em superfícies e decidir qual está na frente do outro. Um exemplo é o vaso-face de Rubin, que alterna entre um vaso e um par de perfis face a face. As faces e o vaso não podem ser vistos ao mesmo tempo, até mesmo se a pessoa imagina dois homens que sustentam um vaso entre seus narizes, e a forma, seja qual for a que predomina, " possui " a borda como sua linha demarcatória, relegando o outro pedaço para um fundo amorfo, não definido.

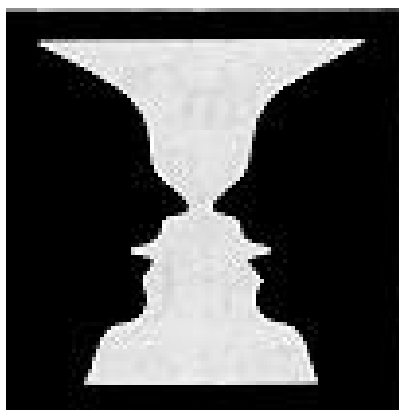


Figura 3.3. O vaso-face de Rubin. Fonte: Fialho, 1999.

Vemos, também através da visão estéreo que é outra forma de visão provocada pela ilusão de ótica. Quando olhamos para um estereograma, cada fileira de objetos vagueia para dentro e para fora e pousa em sua própria profundidade.

Segundo Pinker (1999), a visão estéreo é uma das glórias da natureza e um paradigma de como as outras partes da mente poderia funcionar. A visão estéreo é processamento de informação que experimentamos com a qualidade especial da consciência, uma conexão entre computação mental e percepção que é estritamente rígida que os computadores podem manipular para encantar multidões. A visão estéreo não vem como brinde junto com os dois olhos, os circuitos têm que ser ligado ao cérebro.

A visão estéreo foi descoberta em 1838, por Charles Wheatstone, um físico e inventor. Wheatstone escreveu:

“Agora será óbvio por que será impossível para o artista dar uma representação confiável de qualquer objeto sólido, que é produzir uma pintura que não deva ser distinguida na mente do próprio objeto. Quando a pintura e o objeto são vistos com ambos os olhos: no caso da pintura duas gravuras semelhantes são projetadas nas retinas, no caso do objeto sólido as duas gravuras não serão semelhantes. Há portanto uma diferença essencial entre as impressões nos órgãos do sentido em ambos os casos, e consequentemente, entre as percepções formadas na mente; a pintura portanto não pode ser confundida com o objeto sólido.” (Pinker, 1999, p. 236).

A pupila apresenta uma lente capaz de acumular os raios de luz emanados de um ponto qualquer no mundo e focalizá-los em um ponto da retina. O cérebro, fisicamente, ajusta os olhos para a profundidade, de duas maneiras: quanto mais perto estiver o objeto, mais os raios têm que ser curvados para convergirem para um ponto ao invés de convergirem para um disco nublado, e maior tem que ser a lente do olho. Músculos dentro do globo ocular têm que engrossar a lente para focalizar objetos próximos e achatar-se para focalizar objetos distantes. (Pinker, 1999).

Alguns dos estereogramas, nos livros, do tipo olho mágico, mostram fileiras de figuras repetidas: árvores, nuvens, montanhas, pessoas. Quando visualizamos o estereograma cada fileira de objetos flutua para dentro ou para fora ou pousa na sua própria profundidade. Um exemplo é o desenho da figura 3.4.

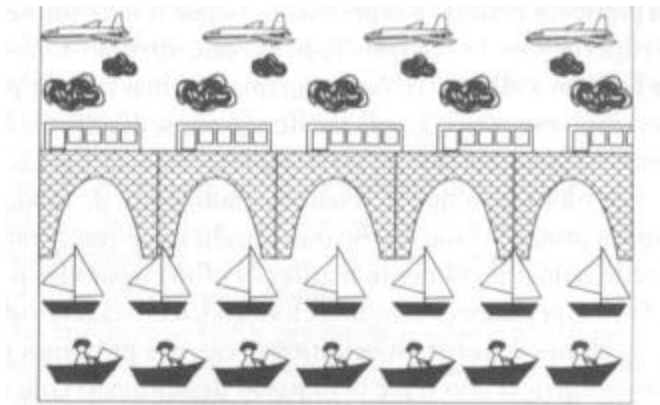


Figura 3.4. O desenho de Ilavenil Subbiah. Fonte Fialho, 1997.

A figura acomoda sete barcos colocados bem próximos, e apenas cinco arcos. Quando olhamos a figura, os barcos parecem estar mais próximos do que os arcos pois suas linhas de visão desencontradas encontram-se num plano mais próximo. (Pinker, 1999).

Como o olho ciclópico que é o olho da mente funciona? Como combinamos as diferentes imagens de cada um dos olhos em uma única? Porque a seleção natural equipou-nos com visões ciclópicas?

Julesz (apud Fialho, 1997), menciona uma das vantagens da visão ciclópica, a camuflagem. Os antigos primatas eram similares aos atuais lêmures e tarsiers de Madagascar que catam insetos das árvores. Muitos insetos se escondem dos predadores pela imobilidade, que esconde seus contornos. A visão ciclópica seria uma contramedida eficaz, capaz de revelar a caça. Alguns insetos têm superado seus predadores de visão estéreo fazendo com que seus corpos fiquem aplainados e presos ao *fundo* ou ficando como uma escultura viva de folhas e gravetos, uma espécie de camuflagem tridimensional.

Além da visão ciclópica vemos, ainda, em perspectiva. Linhas paralelas que convergem para o horizonte. Por exemplo, quando você está entre os trilhos do trem, eles parecem convergir em direção ao horizonte. Claro que você sabe que eles

realmente não fazem a conversão; se fizessem, o trem descarrilaria. Mas é impossível não os ver convergindo, embora o cérebro tenha informações suficientes de que, na realidade, essa profundidade é uma percepção ilusória.

Em um senso geométrico rígido nós vemos em duas dimensões, não três. Um ponto não pode ser dividido, então, tem dimensão zero. Uma linha tem uma dimensão, porque pode ser cortada em um ponto. Um plano tem duas dimensões, porque pode ser cortado por uma linha, entretanto não por um ponto. Uma esfera tem três, porque nada menos que uma lâmina bidimensional pode dividi-la. O que sobre o campo visual pode ser dividido por uma linha? Por exemplo, o horizonte divide o campo visual em dois”. Quando nós estamos na frente de um cabo esticado, tudo o que nós vemos está de um lado ou de outro. O perímetro de uma mesa redonda, também divide o campo visual: todo ponto ou está dentro ou fora disto. Por este critério, o campo visual é bidimensional; isto não significa que o campo visual é plano. Superfícies bidimensionais podem ser curvadas na terceira dimensão, como um molde de borracha. (Pinker, 1999, p. 275).

Nós percebemos involuntariamente estímulos exteriores, superfícies que surgem em nossas retinas, impulsionadas por informações. Ao contrário da convicção popular, nós não vemos o que nós esperamos ver.

Então, qual é o produto da visão? Marr denominou-o um esboço de $2\frac{1}{2}D$; outros estudiosos designam como uma representação de superfície visível. A profundidade é singularmente rebaixada a meia dimensão porque não define o meio o qual a informação visual é mantida (diferentemente das dimensões esquerda-direita e alto-baixo). É apenas uma informação mantida nesse meio. (Pinker, 1999, p. 277).

Claro que não o encontramos em formas prontas. O diagrama é uma combinação dos tipos de informação do esboço $2\frac{1}{2}D$. “O cérebro presume o uso de agrupamentos de neurônios em atividade para segurar a informação, e eles podem ser distribuídos por diferentes trechos do córtex, como uma

coleção de mapas que são acessados do registro, no cadastro”. (Pinker, 1999, p. 278).

3.6 Enxergando em duas dimensões e meia

Por que nós vemos em duas e meia dimensões? Por que não há um modelo pronto em nosso cérebro? Os custos e benefícios do armazenamento fornecem partes da resposta. “Qualquer usuário de computador sabe que arquivos gráficos são consumidores vorazes de espaço de armazenamento. No lugar de aglomerar os gigabytes entrantes em um modelo composto que ficaria obsoleto assim que algo fosse movido, o cérebro deixa que o próprio mundo armazene informações que incidem fora de um relance de olhos”. Levantamos a cabeça, movemos os olhos e um novo esboço, atualizado é carregado, momento a momento. Ao contrário das outras duas dimensões, que se anuncia nos bastonetes e cones que no momento se encontram ativos, a profundidade tem que ser meticulosamente arrancada dos dados. Os peritos em estéreo, contorno, sombreado e movimento que trabalham na computação da profundidade, são equipados para despachar informações sobre distância, inclinação, obliquidade e oclusão em relação à pessoa que está vendo e não coordenadas tridimensionais do mundo. O melhor que eles podem fazer é reunir seus esforços para nos dar um conhecimento em 2 1/2D das superfícies diante de nossos olhos. Cabe ao restante do cérebro descobrir como usá-lo. (Pinker, 1999, p. 279).

3.6.1 Sistema de coordenadas

O esboço 2 e 1/2D é a obra-prima da engenhosidade projetada, e harmoniosamente operado no sistema visual.

A Informação no arranjo em 2 e 1/2D são especificadas segundo um referencial retiniano, um sistema de coordenada centrado no observador. Uma célula em particular diz: há uma extremidade, uma borda aqui, esse “ aqui” significa a posição daquela

célula da retina que fornece a informação: à frente de onde você está olhando. Isso seria perfeito se você fosse uma árvore olhando para outra árvore, mas assim que algo mover seus olhos, sua cabeça, seu corpo, um objeto perspicaz, a informação muda, reformulando uma nova ordem. Qualquer parte do cérebro que esteja sendo guiada através de informação no arranjo julgaria que sua informação agora está extinta; as duas visões apenas sobreporiam. Lembre-se dos trilhos do trem convergindo. (Pinker, 1999).

Estes problemas fazem um modelo de escala na cabeça, mas isso não é o que a visão fornece. A chave para usar informações visuais não é “remodelá-las”, mas acessá-las adequadamente, e isso requer um referencial, ou sistema de coordenadas, que seja útil. O referencial é indissociável a idéia de localização. Precisamos de um referencial que permaneça no lugar enquanto os olhos ocupam-se do vaivém. O computador possui um dispositivo vagamente semelhante, ‘o cursor’. Os comandos que lêem e escrevem informações, fazem em relação a um ponto específico, especial que pode ser posicionado à vontade na tela, e quando o material na tela é rolado, o cursor move-se junto, grudado em seu pedaço de texto ou gráfico. Para o cérebro usar o conteúdo em 2 1/2D, precisa empregar um mecanismo semelhante; de fato, vários deles. (Pinker, 1999).

O referencial mais simples que se move pelo esboço 2 e 1/2D é o que fica atrelado à cabeça. Graças às leis de óticas, quando os olhos movem-se à direita, a imagem desloca-se rápido para a esquerda. Mas suponha que o comando neural para os músculos dos oculares seja sintonizado com o campo visual e que ele seja usado para deslocar o retículo nas mesmas medidas, na direção oposta. O retículo ficará no objeto, e o mesmo acontecerá com qualquer processo mental que passe informações pelo retículo. O processo pode continuar como se nada tivesse acontecido, embora os conteúdos do campo visual tenha deslizado para outros lugares.

Eis uma demonstração da sintonização. Mova seus olhos, o mundo permanece parado. Agora, feche um olho e desloque o outro com o dedo; o mundo pula. Em ambos os casos, os olhos movem-se, e em ambos os casos movem-se a imagem retiniana, mas só quando o olho é movido por um dedo você vê o movimento. Quando você move seus olhos decidindo olhar para algum lugar, o comando para os músculos

oculares é copiado para um mecanismo que move o referencial junto com as imagens que deslizam, para cancelar sua sensação subjetiva de movimento. Mas quando você move seu olho com seu dedo, desvia-se do deslocador do referencial, este não é deslocado e você interpreta a imagem como vindo de um mundo em movimento.

O psicologista especialista em percepção J. J. Gibson (apud Pinker, 1999) afirmou que nós realmente temos este senso da escala do mundo real sobreposto à projeção da retina, e podemos mentalmente ativá-la e desativá-la. Estando entre os trilhos do trem, podemos assumir um estado na mente no qual vemos os trilhos convergirem, ou outro no qual os vemos paralelos. “Estas duas atitudes, as quais Gibson chamou de “o campo visual” e “o mundo visual”, provêm de acessar a mesma informação segundo o referencial retiniano, ou conforme o referencial alinhado com o mundo”. (Pinker, 1999, p. 280).

Mais um referencial invisível é a direção da gravidade. Segundo Pinker (1999) o senso de equilíbrio mental vem do sistema vestibular do interior do ouvido, um labirinto de câmaras que incluem três canais semicirculares orientados por ângulos retos um para o outro. Se alguém duvida que a seleção natural usa princípios da engenharia redescobertos pelos humanos, que veja os eixos de coordenadas cartesianas XYZ esculpidos nos ossos do crânio! Enquanto a cabeça balança para frente e para trás, para um lado e para o outro e gira, o fluido nos canais balança e engatilha sinais neurais que registram o movimento. Uma massa granulosa que pressionada por outras membranas registra o movimento linear em direção da gravidade. Estes sinais podem ser usados para fazer a rotação dos retículos mentais para que eles estejam sempre apontando corretamente para “cima”. É por isso que o mundo não parece se inclinar, embora a cabeça das pessoas estejam raramente alinhada perpendicularmente. Os próprios olhos giram no sentido horário e anti-horário na cabeça, mas apenas o suficiente para compensar pequenas inclinações da cabeça. Suficientemente estranho, nosso cérebro não compensa tanto assim a gravidade. Se a compensação fosse perfeita, o mundo

pareceria normal quando você se deita de lado ou mesmo quando está de cabeça para baixo. É claro, ele não compensa. É difícil assistir televisão deitado de lado a não ser que você apoie a sua cabeça na sua mão, e é impossível ler a não ser que você segure o livro de lado. Talvez por sermos criaturas terrestres, usamos os sinais da gravidade mais para manter nosso corpo em posição vertical do que para compensar inputs (entradas) visuais fora de ordem quando o corpo não está aprumado.

A coordenação do quadro da retina com o quadro do ouvido interno afeta nossas vidas de uma maneira surpreendente: ela causa o mal-estar da viagem. Ordinariamente, quando você se move, dois sinais trabalham em sincronia: as precipitações de textura e cor no campo visual, e as mensagens sobre a gravidade e inércia sentidas pelo interior do ouvido. Mas se você se move dentro de um compartimento como um carro ou um barco, o interior do ouvido diz “Você está se movendo”, mas as paredes e o chão dizem “Você está parado”. O mal-estar da viagem é engatilhado por esta diferença, e os tratamentos padrão têm que eliminar isso: não ler; olhar pela janela; olhar para o horizonte.

Muitos astronautas têm enjôos espaciais crônicos, porque não há nenhum sinal gravitacional, uma discrepância extrema entre gravidade e a visão. Pior, os interiores das naves espaciais não dão aos astronautas um referencial alinhado com o mundo, pois os projetistas calculam que sem a gravidade conceitos “chão”, “teto” e “paredes” não têm sentido, e sendo assim eles podem instalar instrumentos em todas as seis superfícies. Os astronautas, infelizmente, carregam seus cérebros terrestres com eles e literalmente se perdem a não ser que digam a si mesmos, “Eu vou fingir que aquele exterior é “para cima”, aquele exterior é “para frente”, e assim por diante. Isso funciona por um tempo, mas se eles olharem pela janela e verem terra firme acima deles, ou verem um colega de equipe flutuando sobre ele o mal estar retorna.

“O mundo é experimentar dificuldades técnicas. Não ajuste sua mente.” A gravidade, é claro, é a característica mais estável e previsível do mundo. Se duas partes

do cérebro têm opiniões diferentes sobre ela, as chances são de que ou um ou ambos estão *malfuncionando* ou que os sinais que eles estão recebendo foram atrasados ou deturpados”. (Pinker, 1999, p. 283).

O eixo mental “para cima” e “para baixo” é também um organizador poderoso do nosso senso de forma e molde.

O psicologista Irvin Rock encontrou muitos outros exemplos, incluindo este simples:

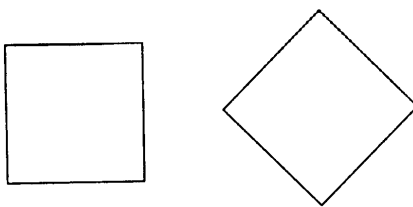


Figura 3.5. Quadrado e Losango. Fonte: Pinker, 1999.

Pessoas vêem os desenhos como duas formas diferentes, um quadrado e um losango. Mas segundo a geometria trata-se da mesma forma nos dois casos. São peças que se encaixam no mesma cavidade; cada ângulo e cada linha são iguais. A única diferença é como eles estão alinhado de acordo com o referencial de “em cima” e “embaixo” do observador, e essa diferença é suficiente para obter designações diferentes no idioma. Um quadrado é plano, achatado em cima, no topo, e um losango é pontudo no topo; é até difícil perceber que o losango é feito de ângulos retos.

E no caso ainda estarem céptico sobre todos estes quadros de referência sem cor, sem odor e sem sabor alegadamente sobrepondo o campo visual, demonstraremos a maravilhosamente simples do psicologista Fred Attneave. O que está acontecendo com os triângulos da esquerda?

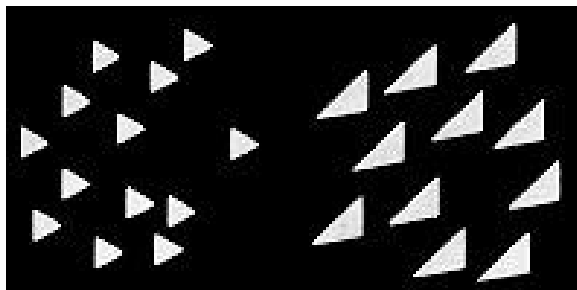


Figura 3.6. Triângulos de Atteneve. Pinker, 1999.

Olhe para eles por tempo suficiente, e eles mudam de uma posição para outra. Eles não se movem, eles não invertem a profundidade, mas alguma coisa muda. As pessoas descrevem a mudança como “para qual lado eles apontam.” O que está saltando em volta da página não são os próprios triângulos mas um referencial mental que se sobrepõe aos triângulos. O referencial não provêm da retina, da cabeça, do corpo, do quarto, da página, ou da gravidade, mas de um eixo de simetria dos triângulos. Os triângulos têm três dos tais eixos, e eles ficam trocando a dominância. Cada eixo tem o equivalente de um pólo norte e sul, os quais concedem o sentimento de que os triângulos estão apontando. Os triângulos trocam em massa como que em um refrão; o cérebro prefere que seus referenciais abranjam vizinhanças inteiras de formas.

A capacidade dos objetos de atrair referenciais ajuda a solucionar um dos grandes problemas ligados à visão, o próximo problema que encontramos quando prosseguimos em nossa ascensão da retina ao pensamento abstrato.

Como as pessoas reconhecem as formas? Um adulto médio sabe os nomes de mais ou menos dez mil objetos, a maioria delas distinguidas pela forma. Quando reconhecemos a forma de um objeto, estamos agindo como autênticos geómetras, examinando a distribuição da matéria no espaço e descobrindo o correspondente mais próximo na memória. O geômetra mental tem que ser verdadeiramente preciso, pois uma criança de três anos pode

olhar para biscoitos com forma de animais e dizer rapidamente os nomes da fauna exótica das suas silhuetas.

Quando um objeto ou o observador se move, os contornos no esboço 2 1/2D mudam. Se a lembrança que você tem da forma – digamos, de uma mala – era uma cópia do esboço em 2 1/2D quando você a viu pela primeira vez, a versão após você se mover, não corresponderá mais a anterior. Sua lembrança da mala será de uma lâmina retangular e uma alça horizontal na posição nas doze horas”, mas a alça que agora você vê não está horizontal e não está nas doze horas. Você ficaria perplexo, sem saber o que é aquilo.

Mas suponha que ao invés de usar um referencial retiniano, seu arquivo de memória usa um referencial alinhado com o próprio objeto. Sua lembrança seria “um lâmina retangular com uma alça paralela à borda da lâmina, na parte superior da lâmina, no topo do bloco”. A parte “da lâmina (bloco)” significa que você lembra as posições das partes relativas ao próprio objeto, sem relação com o campo visual. Então, quando você vê um objeto não identificado, seu sistema visual automaticamente alinharia um referencial tridimensional sobre ele, como fez com o bailado de quadrados e triangulos de Attenave. Agora quando você faz a correspondência entre o que está vendo e o que recorda, ambos coincidem, independentemente como a mala está orientada; então você reconhece sua bagagem. (Pinker, 1999, p. 286).

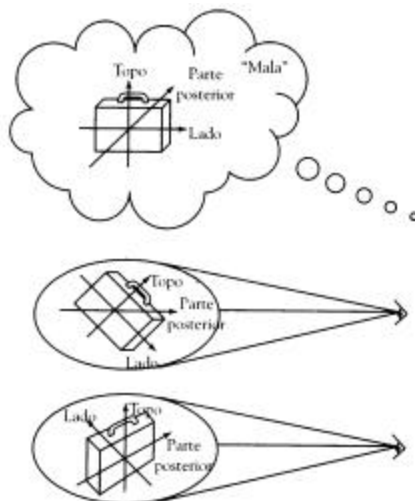


Figura 3.7. Reconhecimento da bagagem. Fonte: Pinker, 1999.

Foi assim, resumidamente que Marr explicou o reconhecimento de formas. A idéia chave é que as lembranças de uma forma não é uma cópia do esboço $2 \frac{1}{2}D$, é armazenada em um formato que difere desse esboço de dois modos. Primeiro, o sistema coordenado é centralizado no objeto – e não, como no esboço em $2 \frac{1}{2}D$, no observador. Para reconhecer um objeto, o cérebro alinha um referencial sobre seus eixos de extensão e simetria e mede as posições e ângulos das partes neste referencial. Só então se faz a correspondência entre visão e lembrança. A segunda diferença é que quem faz a correspondência não compara visão e lembrança pixel por pixel, como se encaixasse uma pessinha de quebra-cabeça em um pedaço vazio. Se fizesse isso, as formas que teriam de encontrar correspondente ainda assim poderia não encontrar. Objetos reais apresentam afundamentos, oscilações e aparecem em diferentes estilos e modelos. Não há duas malas com dimensões idênticas; algumas têm cantos arredondados outras cantos vivos, algumas possuem alças grossas, outras têm alças finas. Portanto, a representação da forma a ser identificada não deveria ser um molde exato de cada saliência e depressão, é preciso dar margem a uma certa imprecisão; embora as alças de xícaras distintas sejam sempre nas laterais, podem ser um pouco mais altas ou mais baixas conforme a xícara.

O psicólogo Irv Biederman substanciou as duas idéias de Marr com uma invenção de figuras geométricas elementares às quais denomina “géons” (em analogia aos prótons e elétrons que constituem os átomos). Eis aqui cinco geons com algumas combinações:

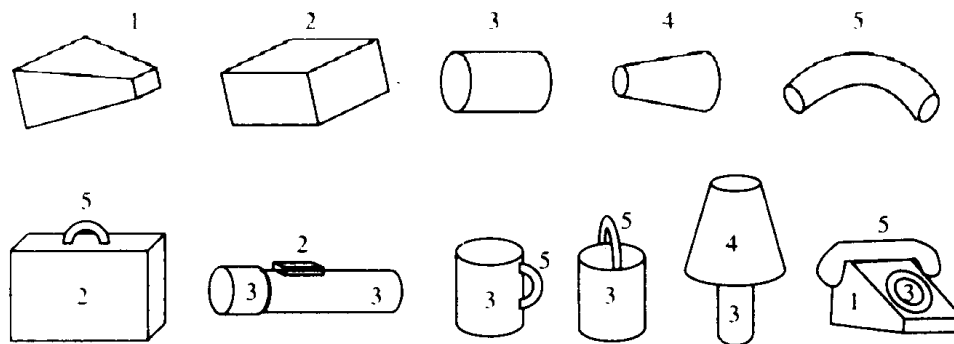


Figura 3.8. Géons. Fonte: Pinker, 1999.

Biederman propôs no total vinte e quatro géons ao todo, incluindo um cone, um megafone, uma bola de futebol, um tubo, um cubo e um pedaço de macarrão tubinho curvo. Tecnicamente, todas estas formas são apenas formas diferentes de cones. Se um cone de sorvete é uma superfície abrangida por um círculo que se expande à medida em que seu centro se move ao longo de uma linha, ‘os géons’ são superfícies abrangidas por quaisquer *outras* formas bidimensionais à medida em que se expandem ou se contraem ao moverem-se ao longo de linhas retas ou curvas.

“Os géons podem ser agregados a objetos a partir de algumas poucas relações de junções, como “acima”, “do lado”, “extremidade com extremidade”, “extremidade com vizinhança do centro” e “paralelo”. Tais relações são definidas em um referencial centrada no objeto, obviamente não no campo visual; “acima” significa “acima do géon principal”, e não “acima da fóvea”. Desta maneira, as relações permanecem as mesmas mesmo quando o objeto ou o observador se movem”. (Pinker, 1999, p. 288).

Os géons são combináveis, como ocorre na gramática. É óbvio que não descrevemos formas para nós mesmos através de palavras, mas as montagens de géon são uma espécie de linguagem interna, um dialeto do “mentalês”. Os elementos de um

vocabulário fixo são combinados em estruturas maiores, como as palavras em uma frase ou sentença. Uma sentença não é a mera soma de suas palavras, pois depende do seu arranjo sintático; *Um homem morde um cachorro* não é a mesma coisa que *Um cachorro morde um homem*. Da mesma forma, um objeto não é a soma dos seus géons, pois depende do arranjo espacial entre eles: um cilindro com uma alça do lado é uma xícara, ao passo que um cilindro com uma alça em cima é um balde. E assim como um pequeno número de palavras e regras podem combinar-se em um número astronômico de sentenças, um pequeno número de geons e ligações podem combinar-se em um número astronômico de objetos.

De acordo com Biederman (apud, Pinker, 1999), cada um dos vinte e quatro géons apresenta-se com quinze tamanhos e constituições (um pouco mais grosso, um pouco mais fino), e há oitenta e uma maneiras distintas de combiná-los. Isso permite que 10.497.600 objetos possam ser formados a partir de dois géons, e 306 bilhões de objetos construídos a partir de três géons. Teoricamente, isso seria mais do que suficiente para abarcar as dezenas de milhares de formas que conhecemos. Na prática, é fácil construir modelos imediatamente reconhecíveis de objetos do cotidiano a partir de três e, freqüentemente, de apenas dois géons.

A linguagem e as formas complexas parecem até mesmo ser vizinhas no cérebro. O hemisfério esquerdo não é somente a sede da linguagem, mas também a sede da capacidade de reconhecer e imaginar formas definidas através do arranjo de partes. Um paciente neurológico, que sofrera um acidente vascular cerebral no hemisfério esquerdo, relatou: “Quando tento imaginar uma planta, um animal, um objeto, só consigo me lembrar de uma parte. Minha visão interior é fugidia, fragmentada; se me pedem para imaginar a cabeça de um gato, sei que ele tem orelhas, mas não consigo revisualizar o lugar delas”. O hemisfério direito, ao contrário, é especializado em perceber formas inteiras; pode julgar com facilidade se um retângulo é mais alto que largo ou se a distância de um ponto a um objeto é de maior ou menor que uma polegada. (Pinker, 1999, p. 289).

Uma vantagem da teoria do géon é que suas demandas sobre o esboço em 2 1/2-D não são absurdas. Dividir os objetos em partes, denominar estas partes como geons e determinar a disposição, organização entre elas não são problemas intransponíveis, e pesquisadores da visão desenvolveram modelos de como o cérebro poderia resolver esses problemas. Outra vantagem é que a descrição da anatomia de um objeto auxilia a mente a pensar nos objetos, e não apenas a proferir seus nomes. As pessoas entendem como funcionam e para que servem os objetos através da análise das formas e a disposição de suas partes.

A teoria do géon afirma que nos níveis mais elevados da percepção a mente “vê” os objetos e as partes como sólidos geométricos idealizados. Se embrulharmos um objeto em uma espécie de envelope, de modo a que os olhos, ao invés de ver, façam inferências sobre o objeto coberto, a forma inferida ou imaginada provavelmente será mais perfeita do que pareceria se estivesse descoberta, e normalmente não consegue, intuir as irregularidades e as imperfeições que a experiência nos levaria a supor. (Pinker, 1999, p. 289).

Apesar da sua utilidade os géons não servem para tudo. Muitos objetos naturais, tais como montanhas e árvores possuem formatos fractais complicados e no entanto os geons transformam-nos em pirâmides e brinquedos.

E embora os géons possam formar um rosto humano genérico aceitável, como um boneco-de-neve, é praticamente impossível formar um modelo de um rosto *particular* - o rosto do John ou o rosto da sua avó - o qual é diferente o suficiente de outros rostos para não confundi-lo, mas suficientemente estável entre sorrisos, carrancas, aumentos de peso e de idade para que sempre se identifique a mesma pessoa. Muitos psicólogos acreditam que o reconhecimento facial é especial. “Numa espécie social como a nossa, os rostos são tão importantes que a seleção natural dotou-nos de um processador que registra os tipos de contornos geométricos e proporções necessárias para diferenciá-los”. Os bebês, quando têm apenas trinta minutos de vida, perseguem padrões de rosto mas não outros arranjos complexos e simétricos e aprendem

rapidamente, talvez já no segundo dia de vida, a reconhecer suas mães. (Pinker, 1999, p. 290).

O reconhecimento facial pode até utilizar partes diferentes, distintas do cérebro. A incapacidade de reconhecer rostos chama-se prosopagnosia. Os prosopagnósicos podem diferenciar um chapéu de um rosto; apenas não sabem dizer de quem é tal rosto. Não é que os rostos sejam as coisas mais difíceis que os nossos cérebros devam reconhecer, de tal forma que se um cérebro não estiver funcionando a todo vapor o reconhecimento facial será a primeira coisa a ser prejudicada. (Pinker, 1999, p. 290).

Os psicólogos Marlene Behrmann, Morris Moskovich e Gordon Winocur estudaram um rapaz que havia sido atingido na cabeça pelo espelho retrovisor de um caminhão que passava. Ele apresenta problemas para reconhecer objetos de uso cotidiano, mas não tem dificuldade para reconhecer rostos, mesmo quando estes estavam disfarçados com óculos, perucas ou bigodes. Sua síndrome é o oposto da prosopagnosia, e isto prova que reconhecer rostos é diferente de reconhecer objetos, não que seja mais difícil.

Denominar um módulo como um reconhecedor de rostos não quer dizer que ele manipula apenas rostos; significa que ele é otimizado para formas geométricas que distinguem rostos porque o organismo foi selecionado em sua história evolutiva pela habilidade para reconhecê-los.

A teoria do géon certamente não será totalmente verdadeira na sua forma mais pura, segundo a qual todo objeto possuiria uma descrição de sua geometria tridimensional, não contaminada pelas extravagâncias do ponto de observação. A maioria dos objetos é opaca, com algumas superfícies intersectando outras. Isso faz com que seja literalmente impossível chegar à mesma descrição do objeto a partir de qualquer ponto de observação. Por exemplo, não dá para saber como são os fundos de uma casa quando se estivermos na frente dela. A versão de Biederman admite o problema e fornece a cada objeto *vários* modelos de géon no catálogo mental de formas, um para cada visão necessária para revelar todas as superfícies.

No entanto, tal concessão abre as portas para uma outra maneira completamente diferente de fazer o reconhecimento de formas. Por que não trilhar todos os passos e dar a cada forma um grande número de arquivos de memória, um para cada posição de observação? Assim, os arquivos não necessitariam de uma imaginosa estrutura referencial centrada no objeto; poderiam usar as coordenadas da retina disponíveis no esboço 2½D, contanto que houvesse arquivos suficientes para cobrir todos os ângulos de visão.

Durante muito anos esta idéia foi considerada fora de cogitação. Se o continuum de ângulos de visão fosse repartido em diferenças de um grau, seriam necessários quarenta mil arquivos para cada objeto de modo a abrangê-lo todo – e estes são apenas para abarcar os ângulos de visão; não estão incluídos as posições do observador nas quais o objeto não está centrado, nem as diferentes distâncias de observação. Não se pode omitir especificando uma pequena quantidade de vistas, tal como na planta e elevação de um projeto arquitetônico, pois em princípio qualquer das vistas pode ser crucial. Prova simples: imagine uma forma que consiste de uma esfera oca, com um brinquedo colado no lado de dentro e um pequeno buraco perfurado no lado oposto a este. Apenas ao observar o brinquedo exatamente através do buraco é que a forma pode ser vista integralmente. Porém, recentemente, a idéia ressurgiu. Escolhendo as vistas criteriosamente e utilizando uma rede neural de associador de padrão para interpolar entre elas quando um objeto não condiz com uma visão exatamente correta, pode-se contornar o problema armazenando um número manuseável de vistas para cada objeto, no máximo quarenta.

Ainda parece improvável que as pessoas tenham que olhar um objeto por quarenta ângulos diferentes para que possam reconhecê-lo mais tarde, mas há outro truque à disposição. Lembre-se de que as pessoas baseiam-se na direção de cima-para-baixo ao construir formas: os quadrados não são losangos. Isto introduz outra contaminação da teoria pura do geon: as relações como “acima de” e “em cima” têm que partir da retina, com algum ajuste da gravidade, e não do objeto. Tal concessão é

provavelmente inevitável, pois freqüentemente não há meios de indicar o topo do objeto antes de reconhecê-lo.

No entanto o problema real vem de como as pessoas *fazem* com os objetos inclinados que não reconhecem imediatamente. Se você *diz* às pessoas que a forma sofreu uma inclinação, elas a reconhecem rapidamente, como certamente você fez quando lhe disse que o losango é o quadrado inclinado. As pessoas conseguem rotacionar mentalmente a uma forma à posição correta, e daí reconhecer a forma rotacionada. Com um rotacionador-de-imagem mental, o referencial centralizado no objeto na teoria do geons torna-se ainda menos necessário. As pessoas poderiam armazenar algumas visões em 2 $\frac{1}{2}$ a partir de alguns pontos de observação clássicos, como fotos de policiais, e se um objeto diante delas não correspondesse com uma das fotos, elas poderiam rotacionar mentalmente até obter a correspondência. Algumas combinações de visões múltiplas e um rotacionador mental tornaríamos desnecessários os modelos de géons em referenciais centralizados em objetos.

Com todas estas opções sobre o reconhecimento de formas, como podemos dizer o que a mente realmente faz? A única maneira é estudar seres humanos reais, reconhecendo formas no laboratório. Um famoso conjunto de experimentos apontou a “rotação mental” como uma chave fundamental. Os psicólogos Lynn Cooper e Roger Shepard mostraram às pessoas letras do alfabeto em diferentes orientações - na vertical, inclinadas de 45 graus, inclinadas de 135 graus e de cabeça para baixo. Cooper e Shepard não pediram que as pessoas recitassem as letras, temendo atalhos. Assim forçaram seus sujeitos a analisar a geometria total de cada letra mostrando quer a letra ou sua imagem especular (refletida no espelho), e os sujeitos teriam que pressionar um botão se a letra estivesse normal e o outro se estivesse invertida. (Pinker, 1999, p. 293).

Quando Cooper e Shepard mediram o tempo que as pessoas usavam para pressionar o botão, observaram uma clara evidência de rotação mental. Quanto mais desorientada estivesse a letra em relação à posição correta, vertical, mais tempo as pessoas demoravam. É exatamente o que se esperaria se as pessoas girassem gradualmente uma imagem da letra para a posição vertical; quanto mais é necessário

girar a letra, mais tempo leva a rotação. Então talvez as pessoas reconheçam as formas girando-as mentalmente.

Mas talvez não. As pessoas não estavam apenas reconhecendo formas; elas as estavam discriminando de suas imagens especulares. As imagens especulares são especiais. A relação entre uma forma e sua imagem especular causa surpresas, até paradoxos, em vários ramos da ciência – isto é explorado em livros fascinantes escritos por Martin Gardner e por Michael Corballis e Ivan Beale. Considere as mãos direita e esquerda desmembradas de um manequim. De certa forma elas são idênticas: as duas têm quatro dedos, um polegar ligado a uma palma e um pulso. Em outro sentido, são totalmente diferentes; uma forma não pode ser superposta à outra. A diferença jaz tão somente em como as partes são alinhadas com relação a uma estrutura de referência na qual os três ângulos são rotulados com direções: para cima-para baixo, para frente-para trás, para a esquerda-para a direita. Quando uma mão direita está apontando os dedos para cima e a palma para a frente (como se fizesse um gesto de “alto”), o polegar aponta para a esquerda; quando a mão esquerda está apontando os dedos para cima e a palma para a frente, seu polegar aponta para a direita. Esta é a única diferença, mas ela é real. As moléculas da vida apresentam uma lateralidade estabelecida, uma analogia com as mãos; suas imagens em espelho freqüentemente não existem na natureza e não funcionariam em corpos. (Pinker, 1999, p. 294).

Uma descoberta fundamental da física do século vinte é a de que o universo também tem uma lateralidade estabelecida. A princípio isto parece absurdo. Para qualquer objeto e evento no cosmos, você não tem como saber se está vendo o objeto real ou seu reflexo no espelho. Você pode protestar dizendo que as moléculas orgânicas e objetos manufaturados pelo homem, como as letras do alfabeto, são exceções. As versões padrão são familiares e estão em toda parte; as imagens especulares são raras e facilmente reconhecíveis. Mas, para um físico não contam, pois sua lateralidade estabelecida é um acidente histórico, e não algo regido pelas leis da física. Em outro planeta ou neste mesmo se pudéssemos rebobinar o filme da evolução e fazer tudo acontecer outra vez, pode ser que tudo acontecesse de outro jeito. Físicos costumavam pensar que isso era verdade para tudo no universo. Wolfgang Pauli escreveu “eu *não*

acredito que o Senhor seja um canhoto fracote”, e Richard Feymann apostou cinquenta dólares para um (relutou em apostar cem), que nenhum experimento chegaria a revelar uma lei da natureza que fosse diferente através do espelho. Perdeu. Diz-se que o núcleo do cobalto gira 60 graus no sentido horário se você olhar sobre seu polo norte, mas tal descrição por si só é circular porque “polo norte” é simplesmente o que chamamos fim do eixo pelo qual uma rotação parece anti-horário. O círculo lógico seria rompido caso *algo mais* diferenciasse o assim chamado polo norte do assim chamado polo sul. “Eis o algo mais: quando o átomo se desintegra, é mais provável que os elétrons sejam arremessados da extremidade a qual chamados extremidade sul. “Norte” contra “sul” e “sentido horário” versus “sentido anti-horário” não são mais rótulos arbitrários, mas diferenciam-se relativamente à rotação do elétron. A desintegração e, portanto, o universo, seriam diferentes através do espelho. Afinal, Deus não é ambidestro.” (Pinker, 1999, p. 295).

Assim, as versões da mão direita e esquerda das coisas, desde as partículas subatômicas até a matéria-prima da vida e a rotação da terra são fundamentalmente diferentes. No entanto, a mente normalmente as trata como se fossem a mesma coisa: “O ursinho Pooh olhou para suas duas patas. Ele sabia que uma delas era a direita, e sabia que quando você se decide sobre qual delas é a direita, aí a outra é a esquerda, mas ele nunca conseguia se lembrar de como começar”. (Pinker, 1999, p. 295).

Nenhum de nós tem facilidade em lembrar como começar. Os sapatos do pé esquerdo e direito são tão parecidos que é preciso ensinar uns truques às crianças para que aprendam a diferenciá-los, como colocar por exemplo um sapato ao lado do outro e avaliar o tamanho da abertura. Nossa indecisão quanto a esquerda e direita requer uma explicação, pois um geômetra diria que elas não são diferentes.

E isso nos leva de volta à rotação mental. Em algumas atividades humanas, tais como dirigir e escrever, esquerda e direita são importantes, e nós aprendemos a distingui-las. Como? O corpo e cérebro humano são *ligeiramente* assimétricos. Uma mão é dominante, devido à assimetria do cérebro, e podemos sentir a diferença. Dicionários antigos costumavam definir ‘direito’ como o lado do corpo com a mão mais

forte, baseado na suposição que as pessoas são destros. Dicionários mais recentes, talvez por respeito a uma minoria oprimida, usam um diferente objeto assimétrico, a terra, e *definem* ‘direito’ como leste quando você está virado para o norte. A maneira comum pela qual as pessoas distinguem um objeto do seu reflexo é virando-o para que ele fique de frente e observando para qual lado do seu corpo – o lado com a mão dominante ou o lado com a mão não dominante – a parte diferente está apontando. O corpo da pessoa é usado como uma estrutura assimétrica de referência que faz a distinção entre uma forma e seu reflexo logicamente possível. Agora, os sujeitos de Cooper e Shepard podem ter feito a mesma coisa, exceto que eles estavam girando a forma *em suas mentes* ao invés de girar no mundo real. Para decidir se eles estavam vendo um *R* normal ou invertido, eles mentalmente giraram uma imagem dessa forma até que ela estivesse perpendicular, e então julgaram se o giro foi no seu lado direito ou esquerdo.

Desse modo Cooper e Shepard demonstraram que a mente pode girar objetos, e que um aspecto da forma intrínseca de um objeto – sua analogia com a mão – não é arquivada num modelo tridimensional de géons. Apesar de todo o fascínio, a analogia com a mão é uma característica tão singular do universo que não podemos concluir muita coisa sobre o reconhecimento da forma em geral em experimentos em rotação mental. Pelo que sabemos, a mente *pode* sobrepor aos objetos um referencial tridimensional, para fazer a correspondência com os géons, e especificar, mas não incluir, qual a maneira de se colocar a seta no eixo horizontal. Como eles dizem, é necessário mais pesquisa. (Pinker, 1999, p. 297).

Os psicólogos Michael Tarr e Pinker (1999), pesquisaram um pouco mais. Eles criaram o seu próprio mundinho de formas e rigidamente controlaram a exposição das pessoas a essas formas, objetivando testes claros das três hipóteses: a teoria da visão múltipla, a teoria da rotação mental e a teoria do géon, descritas a seguir.

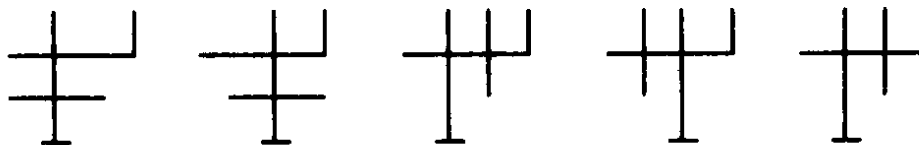


Figura 3.9. Mundinho de formas. Fonte: Pinker, 1999.

As formas que eles criaram eram semelhantes o suficiente para que as pessoas não pudessem usar atalhos tais como um tracinho revelador, por exemplo. Nenhuma era um reflexo da outra, para que nós não fôssemos distraídos pelas peculiaridades do mundo no espelho. Cada forma tinha uma pequena base como referência para que as pessoas não tivessem problemas para encontrar o topo e a base. Eles deram ‘três’ formas para cada pessoa memorizar e depois pediram a elas para identificar as formas pressionando uma dentre três teclas toda vez que uma forma aparecesse na tela do computador. Cada forma aparecia em algumas direções repetidas vezes. Por exemplo, a Forma 3 poderia aparecer com seu cume com inclinação referente às 4 horas centenas de vezes, e com seu cume com inclinação referente às 7 horas centena de vezes. Todas as formas e inclinações foram misturados de maneira aleatória. As pessoas portanto tinham a oportunidade de memorizar como cada forma se apresentava em poucas vezes. Finalmente, eles os bombardearam com um grande número de novos testes nos quais cada forma aparecia em vinte e quatro direções igualmente distribuídas, novamente organizadas aleatoriamente. E disseram o seguinte: “ Nós queríamos ver como as pessoas lidavam com as formas antigas nas novas orientações. Cada toque na tecla foi cronometrado ao milésimo de um segundo”. (Pinker, 1999, p. 298)

A partir desses experimentos puderam concluir que segundo a teoria da visão múltipla (Pinker, 1999), as pessoas deveriam criar um arquivo de memória separado para cada orientação na qual um objeto geralmente aparecesse. Por exemplo, criariam um arquivo mostrando, como se parece a Forma 3 com o lado direito para cima, que é como elas a aprenderam, e depois um segundo arquivo para a inclinação na posição quatro horas (120 graus) e um terceiro arquivo para uma inclinação referente às sete horas. As pessoas deveriam reconhecer a Forma 3 nestas direções bastante rapidamente. Quando nós então as surpreendemos com as mesmas formas em novas orientações,

contudo, elas levariam muito mais tempo, porque elas teriam que inserir uma nova visão da figura entre as visões das figuras familiares para acomodá-la. Todas as novas orientações, teriam um acréscimo adicional de tempo.

Segundo a teoria da rotação mental (Pinker,1999), as pessoas deveriam ser rápidas no reconhecimento da forma quando ela está na vertical, e gradativamente mais lentas quanto mais distante a forma tenha sido redirecionada. Uma forma invertida levaria o maior tempo, porque precisa uma volta de 180 graus; a forma com inclinação de quatro horas deveria ser reconhecida mais rapidamente, pois precisa ser girada somente 120 graus, e assim por diante.

Segundo a teoria do géon (Pinker,1999), a direção não deveria ter importância alguma. As pessoas aprenderiam a forma dos objetos descrevendo mentalmente as várias posições, num sistema coordenado centralizado no objeto. Então, quando uma forma testada aparecesse rapidamente na tela, não deveria fazer diferença se ela estivesse de lado, inclinada, ou invertida de cabeça para baixo. Sobrepor um referencial deveria ser rápido e seguro, e a descrição da forma em relação ao referencial deveria corresponder todas as vezes ao modelo na memória.

As pessoas inquestionavelmente armazenaram diversas visões: quando uma forma apareceu em uma de suas orientações habituais, as pessoas identificaram com bastante rapidez.

E as pessoas certamente giram as formas em suas mentes. Quando uma forma apareceu em orientações ou direções novas e desconhecida, quanto mais precisou ser girada para alinhar-se com a visão da figura conhecida mais próxima, mais tempo as pessoas demoraram.

E além disso, pelo menos para algumas formas, as pessoas usaram um referencial centralizado no objeto, como na teoria géons. Tarr e Pinker realizaram uma variação do experimento nas quais as formas tinham geometrias mais simples:

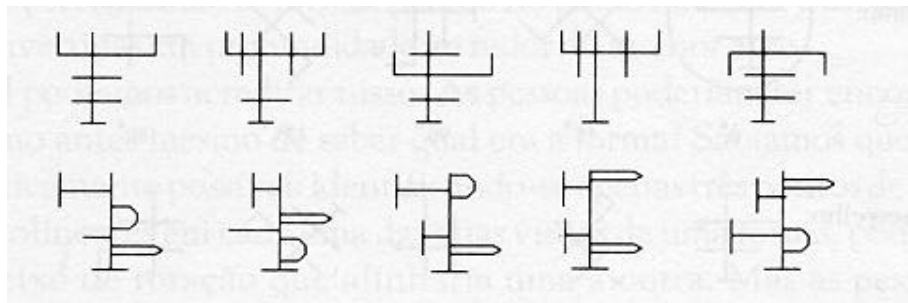


Figura 3.10. Formas simétricas ou quase simétricas. Fonte: Pinker, 1999.

As formas eram simétricas ou quase simétricas, ou sempre possuem o mesmo tipo de detalhe em cada lado, desta maneira pessoas nunca terão que analisar os arranjos feitos de cima para baixo e de lado a lado, segundo o mesmo referencial. Com essas formas, indivíduos rapidamente identificaram todas as suas orientações; de cabeça para baixo demoraram o mesmo tempo que com o lado direito para cima.

Portanto, as pessoas usam todos os truques. Se os lados de uma forma não forem muito diferentes, elas armazenam como um modelo de géons tridimensionais, centralizados nos próprios eixos dos objetos. Se a forma for mais complexa, elas armazenam uma cópia do aspecto que a forma apresenta em cada orientação vista. Quando a forma parece pouco conhecida, não familiar, as pessoas giram mentalmente até que ela se encaixe na forma familiar mais próxima; isso talvez não nos devêssemos surpreender. O reconhecimento de formas é um problema tão difícil que um algoritmo simples, multiuso, pode não funcionar para todas as formas, sob todas as condições de visão.

Todos nós sabemos que as formas inclinadas são reconhecidas com maior lentidão. Pinker (1999), tem afirmado que pessoas giram uma imagem, mas talvez formas inclinadas são exatamente mais difíceis de analisar por diversas razões. Há alguma evidência que indivíduos atualmente simulam uma rotação física em tempo real. Seu comportamento mostra de alguma maneira

uma teoria da geometria de rotação, que deve convencê-los que rodam um filme na mente?

Em um outro experimento, foram testados pessoas tanto com respeito às formas que elas haviam estudado como com relação as “imagens no espelho”, destas formas em diversas orientações:

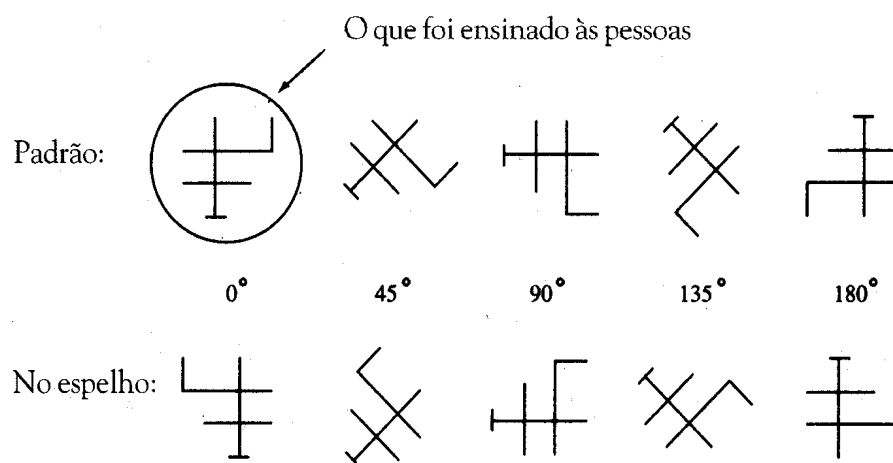


Figura 3.11. Visão padrão e especular. Pinker, 1999.

Não era um teste de “imagem no espelho” como o experimento de Cooper e Shepard; pedia-se as pessoas que tratassem do mesmo modo as duas versões. Esse é o modo natural das pessoas; mas, de algum modo, as pessoas as estavam tratando de forma diferente. Para as versões padrão (fileira superior), as pessoas demoravam mais quando a forma estava mais inclinada: cada figura da fileira superior tomou mais tempo do que a anterior. Mas para as versões refletidas (fileira inferior) a inclinação não fez diferença: todas as orientações tomaram o mesmo tempo. Tarr e Pinker, escreveram um artigo para lembrar que as pessoas usam uma estratégia diferente para reconhecer as imagens no espelho; mas quando estávamos dando os últimos retoques para a publicação, uma idéia lhes ocorreu. Lembraram de um teorema da geometria em movimento: “uma forma bidimensional sempre pode ser alinhada com sua imagem no

espelho mediante uma rotação não superior a 180° , contanto que a rotação possa ser na terceira dimensão em torno de um eixo ótimo”. (Pinker, 1999, p. 300).

Em princípio, qualquer forma de imagem invertida no espelho poderia ser movimentada em profundidade para ajustar-se a forma padrão, e esse movimento demoraria o mesmo tempo. A imagem refletida no espelho em zero graus simplesmente giraria em torno de um eixo vertical, como uma porta giratória. A forma de cabeça para baixo em 180° , poderia girar como um frango de rotisserie. A forma de lado poderia rodar sobre um eixo diagonal da seguinte maneira: olhe para as costas da mão direita, com as pontas dos dedos apontando para cima; agora olhe para a palma da mão com as pontas dos dedos apontando para a esquerda. Eixos com inclinações diferentes poderia servir de pivô para as demais formas com orientações, diferentes; em cada caso, a rotação seria de 180° . Isso se ajustaria aos dados com perfeição: as pessoas poderiam ter girado mentalmente todas as formas, porém otimizando a rotação, girando as formas padrão no plano da figura e deslocando as formas invertidas em profundidade ao redor do eixo. (Pinker, 1999, p. 301).

Mal podiam acreditar nisso? As pessoas podiam ter encontrado o eixo ótimo, mesmo antes de saber qual era a forma. Convenceram-se com um pouco de animação computadorizada. Roger Shepard demonstrou certa vez que, se as pessoas vêem uma forma alternando-se com uma cópia inclinada, elas a vêem balançando para frente e para trás. A percepção da mudança de posição era tão óbvia que nem se deram o trabalho de recrutar voluntários para confirmá-la. Quando a forma alternava-se com seu reflexo vertical, parecia girar como um agitador de máquina de lavar roupa.

A demonstração decisiva veio com a tese de Tarr. Ele teve respostas para nossas experiências usando formas tridimensionais e suas imagens no espelho, giradas plano da figura e em profundidade:

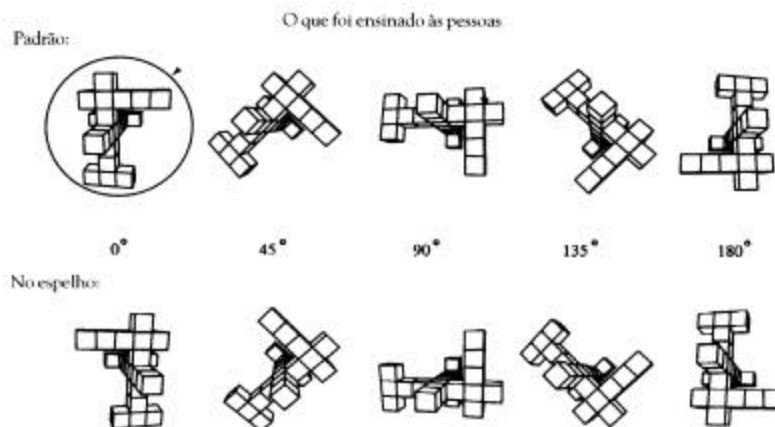


Figura 3.12. Formas tridimensionais e suas imagens no espelho. Fonte: Pinker, 1999.

Tudo se sucedeu como no caso das formas bidimensionais, exceto o que as pessoas fizeram com as imagens no espelho. Assim como uma imagem bidimensional de orientação diferente pode ser associada à uma orientação padrão, mediante a uma rotação do plano bidimensional da figura e sua imagem no espelho pode ser girada até a orientação padrão por um deslocamento de 180° na terceira dimensão. Uma forma tridimensional de orientação diferente da padrão (fileira superior) pode ser girada até a orientação padrão no espaço tridimensional, e sua imagem no espelho (fileira inferior) pode ser girada até a orientação padrão por volta de 180° na quarta dimensão. “A única diferença é que os simples mortais não seriam capazes de girar mentalmente uma forma na quarta dimensão, pois nosso espaço mental é estritamente tridimensional”. A diferença sutil entre objetos bidimensionais e tridimensionais decidiu a questão: “o cérebro gira formas em torno de um eixo ótimo em três dimensões, porém não mais do que em três dimensões. A rotação mental claramente é um dos truques por trás de nossa capacidade de reconhecer objetos. (Pinker, 1999, p. 302).

A rotação mental é mais um talento do nosso bem-dotado sistema visual, com uma peculiaridade. Ela não analisa simplesmente os contornos

provenientes do mundo, mas cria ela própria alguns contornos, na forma de uma imagens fantasmagórica em movimento, as imagens mentais.

3.7 Imagens mentais

O uso das imagens mentais é o motor que impele nosso pensamento sobre os objetos do espaço. Para colocar as malas num carro ou reorganizar os móveis de nossa casa, imaginamos as diferentes posições espaciais antes de tentá-las. O antropólogo Napoleão Changnon descreveu um engenhoso emprego das imagens mentais pelos índios ianomâmi da floresta Amazônica. “Eles haviam lançado fumaça na abertura da toca de um tatu para asfixiá-lo e precisavam descobrir onde cavar para extrair o animal do túnel, o qual poderia esconder-se por centenas de metros no sub-solo. Um dos ianomâmi teve a idéia de enfiar um cipó comprido com um nó na ponta, até o fim do buraco, o quanto fosse possível. Os outros homens mantinham seus ouvidos no chão, ouvindo o nó batendo nas paredes do buraco de tal forma que eles podiam ter um senso da direção que o trajeto da toca fazia. O primeiro homem quebrou o cipó, puxou-o e estendeu no chão, e começou a cavar onde terminava o cipó. Poucos metros abaixo eles encontraram o tatu.” Sem uma habilidade para visualizar o túnel e o tatu dentro dele, os homens não teriam ligado uma sequência de ações de introduzir, ouvir, puxar, quebrar, medir e cavar na esperança de encontrar o corpo do animal”. (Pinker, 1999, p. 304).

Mas as pessoas não usam imagens mentais só para reorganizar móveis ou desenterrar tatus. O eminente psicólogo D. O. Hebb (apud Pinker, p. 304), uma vez escreveu, “Você dificilmente pode lidar com psicologia sem deparar-se com a imagem.” Dê às pessoas uma lista de nomes para memorizar, e elas os relacionarão com bizarras imagens. Dê a elas questões factuais como “Uma pulga tem boca” e eles visualizarão uma pulga e procurarão por uma boca. E, naturalmente, dê as pessoas uma forma complexa em uma orientação não-familiar e elas girarão a imagem até transformá-las numa orientação conhecida, uma imagem familiar.

Muitas pessoas criativas afirmam “ver” a solução de um problema em uma imagem. Faraday e Maxwell (apud Pinker, 1999, p. 304), visualizaram os campos eletromagnéticos como minúsculos tubos cheios de fluido. Watson e Crick giraram mentalmente modelos do que viria a ser uma hélice dupla. Einstein imaginou como seria viajar em um raio de luz ou deixar cair uma moeda em um elevador que despencava. Ele uma vez escreveu “Minha habilidade específica não reside no cálculo matemático, e sim em visualizar efeitos, possibilidades e conseqüências”. Pintores e escultores testam idéias em suas mentes, e até escritores visualizam cenas e enredos no olho da mente antes de começar a escrever.

Imagens dirigem emoções bem como o intelecto. Obviamente, a imaginação dá vida a muitas experiências simultaneamente, não apenas a da visão, mas a imagem visual torna especialmente vívida a simulação mental.

Mas o que é uma imagem mental? Muitos filósofos, como os behavioristas, supõe-se que seja uma imagem na cabeça. De fato, a teoria computacional da mente torna a idéia perfeitamente compreensível. Já sabemos que o sistema visual, usa um esboço bidimensional que em vários aspectos assemelha-se a uma figura. As formas são representadas inserindo-se algum dos elementos em um padrão que corresponde aos contornos projetados da forma. Mecanismos de análise de formas processam informações no esboço sobrepondo referenciais, encontrando géons e assim por diante. Uma imagem mental é simplesmente um padrão no esboço 2 D₂ que é trazida da memória de longo prazo aos olhos. Diversos programas de inteligência artificial para raciocinar sobre o espaço são elaborados exatamente da mesma maneira. (Pinker, 1999, p. 305).

Uma representação como o esboço 2 1/2-D contrasta com a descrição numa linguagem de representação afim da linguagem, como um modelo de géon, uma rede semântica, uma sentença em português, ou uma proposição mentais. Na proposição um triângulo simétrico está sobre um círculo, as

palavras não representam pontos no campo visual, e eles não são organizados de forma que as palavras vizinhas representem pontos vizinhos. Palavras como *simétrico* e *sobre* ou *acima* não podem ser fixadas em qualquer parte do campo visual, elas denotam relações complexas entre as partes inseridas.

Pode-se até fazer uma suposição bem fundamentada sobre a anatomia da imagens mentais. A encarnação do esboço 2 1/2-D em neurônios denomina-se mapa cortical topograficamente organizado: uma parte do córtex no qual cada neurônio responde à contornos em uma parte do campo visual, e no qual neurônios vizinhos respondem a partes vizinhas. Presumivelmente o espaço no mundo é representado através do espaço no córtex, pois os neurônios são ligados a seus vizinhos, e convém que pedaços próximos do mundo sejam analisados juntos. Em um mapa cortical, linhas e superfícies podem ser dirigidas por neurônios que são altamente inter-conectados.

O cérebro também está pronto para a segunda demanda computacional de um sistema de imagens mentais, as informação que fluem da memória em vez de fluir dos olhos. As vias fibrosas (condutores) para as áreas visuais do cérebro tem mão dupla. Eles tanto conduzem informações dos níveis centrais superiores para os inferiores como dos níveis sensoriais inferiores para os superiores. Ninguém sabe o porque destas conexões top-down, mas elas estão lá para transferir imagens da memória para mapas visuais. (Pinker, 1999, p. 306).

Então imagens mentais poderiam ser figuras na cabeça? Há dois modos para descobrir. Um é verificar se quando pensamos em imagens utilizamos partes visuais do cérebro. O outro é descobrir se pensar em imagens funciona mais como computar com gráficos ou mais como computar com uma base de proposições.

Claramente uma imagem é diferente de uma experiência real. O William James disse que as imagens são 'destituídas de pungência e sabor'. Mas em sua tese a psicóloga PhD Cheves W. Perky, 1910, tentou mostrar que as

imagens são como experiências muito tênues. Ela pediu aos sujeitos do experimento para formarem uma imagem mental, por exemplo de uma laranja, numa parede em branco. A parede era realmente uma tela de projeção e Perky projetou um slide real, porém escuro, sobre a parede. Qualquer pessoa que entrasse na sala naquele momento veria o slide, mas nenhum sujeito do experimento o notou. Os sujeitos relataram detalhes da imagem, que apenas poderiam vir do slide. Não foi um grande experimento para os dias atuais, mas os métodos mais avançados confirmaram o ponto crucial da descoberta, hoje chamado de efeito Perky: ter uma imagem mental interfere na visualização de detalhes visuais tênues e sutis. (Pinker, 1999, 307).

A imagem mental também podem afetar a percepção de maneira flagrante. Quando as pessoas respondem perguntas sobre formas de memória, como contar os ângulos retos de um bloco, a coordenação visual-motora é afetada. Imagens mentais de linhas podem afetar a percepção da mesma maneira como linhas reais assim o fazem. Quando as pessoas vêem algumas formas e imaginam outras, às vezes elas têm dificuldade de lembrar depois quais foram vistas e quais foram imaginadas.

Assim, imagens mentais e visão compartilham espaço no cérebro? Os neuropsicólogos Edoardo Bisiach e Claudio Luzzatti (apud Pinker, 1999) estudaram dois pacientes milaneses com dano no lobo parietal direito que os deixou com síndrome de negligência visual. Seus olhos registravam todo o campo visual, mas os dois pacientes só prestavam atenção à metade direita: eles ignoram o talheres à esquerda do prato, desenharam um rosto sem o olho esquerdo, e quando descreveram um quarto ignoraram grandes detalhes - como um piano - que ficava à esquerda deles. Bisiach e Luzzatti pediram para os pacientes imaginarem-se na Piazza Del Duomo em Milão, olhando para a Catedral e nomear os edifícios da praça. Os pacientes nomearam só os edifícios visíveis do lado direito e negligenciaram a metade esquerda do espaço imaginário! Então pediu-se aos pacientes que caminhassem mentalmente para o outro lado da praça, parassem nas escadas da catedral e

descrevessem o que viam. Eles mencionaram os edifícios que eles tinham omitido na primeira visualização e deixaram fora os que haviam mencionado antes. “Cada imagem mental descrevia a cena a partir de um ponto de observação, e a janela de observação assimétrica dos pacientes imaginavam a imagem exatamente como examinava os inputs visuais reais.” (Pinker, 1999, p. 307).

Estas descobertas fazem supor que o cérebro visual é a sede das imagens mentais, e recentemente houve uma identificação positiva. O psicólogo Stephen Kosslyn e seus colegas usam a Tomografia por Emissão de Pósitron para ver quais partes do cérebro são mais ativas quando as pessoas têm imagens mentais. Cada sujeito deitou com a cabeça em um anel de detetores, e com os olhos fechados, respondiam à perguntas sobre se as letras maiúsculas do alfabeto, como por exemplo se o B, tinha qualquer tipo de curva. O lobo occipital ou córtex visual, a primeira matéria cinzenta que processa o input visual, iluminou-se. O córtex visual é mapeado topograficamente – forma uma figura. Os sujeitos visualizaram letras maiúsculas e minúsculas. As letras maiúsculas ativam as partes do córtex que representam a periferia do campo visual.; avaliar letras minúsculas ativou as partes que representa a fóvea. As imagens parecem realmente dispor-se atrás da superfície cortical. (Pinker, 1999, p. 308).

A ativação poderia ser um transbordamento de atividade de outras partes do cérebro enquanto a *computação* real está sendo efetuada? A psicóloga Martha Farah mostrou que não é. Ela testou a capacidade de uma mulher para formar imagens mentais antes e depois de cirurgia que removeu um hemisfério de seu córtex visual. Depois da cirurgia, as imagens mentais da paciente reduziram-se a metade de sua amplitude normal. Imagens mentais vivem no córtex visual; do mesmo modo, partes de imagens ocupam partes do córtex, assim como partes das cenas ocupam partes de filmes.

Mesmo assim, imagem não é uma reprise instantânea. Falta-lhe pungência e acidez, mas não porque ela foi diluída: Imaginar vermelho não é como enxergar cor-de-rosa. Curiosamente nos estudos de Tomografia por Emissão de Prótons (TEP), a imagem mental causou mais e não menos ativação do córtex visual do que uma exibição de uma imagem real. As imagens visuais, entretanto, compartilham áreas cerebrais com a percepção, de alguma maneira são diferentes, e talvez isso não seja surpreendente. Donald Symons (apud Pinker, 1999) observou que a reativar uma experiência visual pode ter benefícios, mas também tem seus custos: o risco de confundir a imaginação com a realidade.

Saber onde se encontram as imagens mentais diz pouco sobre o que elas são ou como funcionam. Imagens mentais realmente são padrões de pixels em um arranjo 2 1/2-D, ou padrões de neurônios ativos em um mapa cortical? Se eles são, como nós pensamos, o que faria as imagens serem diferentes de qualquer outra forma de pensamento?

Comparemos um arranjo ou esboço com seu rival como modelo de imagens mentais, as proposições simbólicas em mentalês (semelhante a modelos de *géons* e a redes semânticas). O arranjo está na esquerda, o modelo de proposição à direita. O diagrama se desdobra em muitas proposições, como "O urso tem cabeça" e "O urso tem o tamanho GG," em uma única rede.

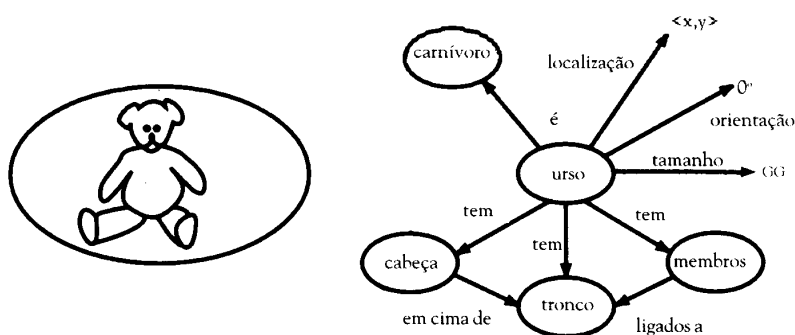


Figura 3.13. Arranjo e Proposição. Fonte: Pinker, 1999.

O arranjo é direto. Cada pixel representa um pedacinho da superfície ou limite ou borda e ponto final; qualquer coisa mais global ou abstrata está

implícita no padrão de pixels preenchidos.

A representação da proposição é bastante diferente. Primeiro, é esquemático, enche de relações qualitativas, como "ligado a"; nem todos os detalhes da geometria estão representados. Segundo, as propriedades espaciais são fatoradas separadamente e relacionadas explicitamente. A forma (a disposição das partes ou geons de um objeto), tamanho, localização, e orientação recebem seus próprios símbolos, e cada qual pode ser procurado independentemente dos outros. Terceiro, as proposições misturam informação espaciais, como partes de suas posições, com informações conceituais, como a condição de urso como membro da classe dos carnívoros.

Das duas estruturas de dados, o arranjo é que melhor capta o teor das imagens mentais. Primeiro, imagens são gritantemente concretas, os arranjos espaciais prendem a pessoa a um arranjo concreto de matéria no espaço. E o mesmo se dá com as imagens mentais: formam uma imagem de "simetria sem imaginar alguma coisa que seja simétrico é impossível". (Pinker, 1999, p.309).

O caráter concreto das imagens mentais permite que elas sejam computadas como um conveniente computador analógico. (Pinker, 1999, p. 310).

Amy é mais rica que Abigail; Alicia não é tão rica quanto Abigail; quem é a mais rica? Muitas pessoas resolvem estes silogismos enfileirando os caracteres de imagem mental do mais rico para o menos rico. Por que isto deveria funcionar? O meio que compõem a base das imagens mentais vem com células destinadas a cada localização, fixadas em um arranjo bi-dimensional. Isso fornece muitas verdades da geometria. Por exemplo, o arranjo de um espaço da esquerda-para-direita é transitivo: se A é à esquerda de B, e B é à esquerda de C, então A é à esquerda de C. Qualquer mecanismo de busca que encontre as localizações de formas no arranjo automaticamente respeitará a transitividade; a arquitetura do meio não permite escolha.

Suponha que os centros de raciocínio do cérebro possam apossar-se dos mecanismos que assentam formas no arranjo e que leiam nesse arranjo as localizações das formas. “Esses ‘*demons*’ raciocinadores podem explorar a geometria no arranjo em substituição a manter na mente determinadas restrições lógicas”. Por exemplo, a riqueza, como a localização da linha é transitiva: se A é mais rico que B e B é tão mais rico do que C, então A é mais rico do que C. Usando uma imagem para simbolizar riqueza, a pessoa que está pensando tem a transitividade e localização embutida no arranjo, e não precisa entrar em uma cadeia de passos dedutivos. O problema passa a ser uma questão de assentar e procurar. É um bom exemplo de como a forma de uma representação mental determina o que é fácil ou difícil de pensar. (Pinker, 1999, p. 310).

Imagens mentais também assemelham-se a arranjos: aspecto de reunir tamanho, forma, localização e orientação em um padrão de contornos, em lugar de imaginar nitidamente em afirmações separadas. A rotação mental é um bom exemplo. Ao avaliar a forma de um objeto, a pessoa não se pode ignorar a orientação em que ele se apresenta – o que seria uma questão simples se a orientação fosse isolada em seu próprio enunciado. Em vez disso a pessoa tem que mover a orientação gradualmente, observar enquanto a forma muda. A rotação não é computada em um passo, como em uma multiplicação de matriz em um computador digital; quanto mais a forma é girada, mais tempo demora o giro. Tem que existir uma rede rotadora sobreposta ao arranjo que desloque o conteúdo das células em alguns graus em torno de seu eixo. Rotações maiores requer a interação do rotador, no estilo do balde que passa de mão em mão na brigada de incêndio. Experimentos como as pessoas resolvem problemas espaciais revelam uma bem provida caixa de ferramentas para operações gráficas, como obter efeito de zoom, encolher, acompanhar movimento, escanear traçar e colorir. O pensamento visual, como por exemplo, julgar se dois objetos se encontram na mesma linha ou se duas bolhas de tamanhos diferentes têm a mesma forma,

encadeia essas operações em sequências de animação mental. (Pinker, 1999).

Finalmente, as imagens captam a geometria de um objeto e não apenas seu significado. Um modo infalível de conseguir fazer com que as pessoas experimentem imagens é pergunta-lhes por detalhes obscuros sobre a forma ou coloração de um objeto. Quando uma característica é notável, como gatos têm garras, abelhas têm ferrão, nós a arquivamos como um enunciado explícito em nossa base de dados conceptual, disponível posteriormente para consulta imediata. Mas quando não temos, nós recorremos a memória do objeto e fazemos uma análise sobre a forma de sua imagem. Procurar propriedades geométricas não notadas previamente nos objetos ausentes é uma das principais funções das imagens mentais e Kosslyn demonstrou que este processo mental difere quando são fatos explícitos. Quando perguntamos às pessoas por fatos conhecidos, como se um gato tem garras ou se a abelha tem ferrão, a velocidade da resposta dependeu da força com que o objeto e sua parte estavam associados na memória. As pessoas devem buscar a resposta a partir de um banco de dados mental. Mas quando as perguntas eram mais incomuns, como se um gato tem uma cabeça ou uma lagosta tem uma boca, e as pessoas consultaram uma imagem mental, a velocidade da resposta dependia do tamanho da parte; a verificação das partes menores, resultaram em respostas mais lentas. Como tamanho e forma são misturadas a uma imagem, os detalhes de formas menores são mais difíceis de descobrir. (Pinker, 1999, p. 311).

Durante décadas, os filósofos afirmaram que o teste perfeito para imagens mentais são representações ou descrições era ver se as pessoas conseguiam reinterpretar formas ambíguas, como o pato-coelho:

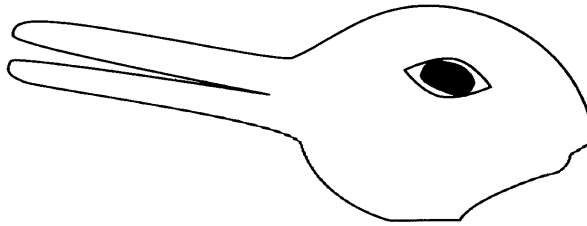


Figura 3.14. Forma ambígua. Fonte: Pinker, 1999.

Se a mente armazena apenas descrições, então a pessoa que vê pato-coelho como um coelho deveria comprimir o rótulo apenas de coelho. Nada no rótulo capta qualquer coisa relativa a patos de modo posteriormente os que vêem coelhos deveriam ficar perdidos quando lhes perguntassem se algum outro animal ocultava-se na forma; a informação geométrica ambígua foi descartada. Mas se a mente armazena imagens, a geometria ainda está disponível, e as pessoas deveriam ser capazes de reconvocar a imagem e inspecioná-las em busca de novas interpretações. Mas se as pessoas incentivadas a se concentrar-se na curva atrás da cabeça então muitas pessoas vêem o pato na imagem de coelho ou vice-versa. O psicólogo Ronald Finke, Martha Farah e Pinker solicitaram pessoas para reinterpretar imagens apenas a partir de descrições verbais, a qual nós lemos em voz alta enquanto os olhos deles estavam fechados. Que objeto "você" consegue ver em cada uma destas descrições?

- Imagine a letra D. Gire 90 graus à direita. Ponha o número 4 sobre ela. Agora remova o segmento horizontal do 4 à direita da linha vertical.
- Imagine a letra B. Gire 90 graus à esquerda. Ponha um triângulo diretamente abaixo desta figura tendo a mesma largura e apontando para baixo. Remova a linha horizontal.
- Imagine letra K. Coloque um círculo próximo a ela no lado esquerdo. Ponha outro dentro. Agora gire a figura 90 graus à esquerda.

- A maioria das pessoas não tiveram nenhuma dificuldade em informar o barquinho, o coração, e o jogo de televisão que estavam implícito no palavriado. (Pinker, 1999, p. 312).

Criação de imagens é uma faculdade maravilhosa, mas não devemos nos deixar levar demais pela idéia de figuras na cabeça. Para começar, as pessoas não podem reconstituir a imagem de uma cena visual inteira. As imagens são fragmentadas. Nós lembramos apenas relances de partes, as quais dispomos em um painel mental, e então fazemos um ato de prestidigitação para tornar mais vívida cada parte conforme ela se esvai. Pior ainda, cada relance registra somente as superfícies visíveis de um ponto de observação, distorcida pela perspectiva. Uma demonstração simples é o paradoxo dos trilhos do trem – a maioria das pessoas vêem os trilhos convergirem em suas imagens mentais e não apenas na vida real. Para lembrar um objeto, nós o giramos ou andamos ao redor dele, e isto significa que nossa memória, para este objeto, é um álbum de visões separadas. Uma imagem do objeto inteiro é uma exibição de slides, ou pastiche – partes independentes que são reunidas. Isso explica por que demorou tanto a invenção da perspectiva na arte, apesar de todo mundo enxergar em perspectiva. Nenhuma pessoa perceptiva encarnada, presa a um local e a um momento, pode vivenciar uma cena de vários pontos de observação simultaneamente, por isso que o objeto não corresponde exatamente àquilo que a pessoa vê. (Pinker, 1999, p. 313).

Uma segunda limitação é as imagens serem escravas da organização da memória. Não seria possível esse conhecimento do mundo caber em uma grande figura ou em um grande mapa. Há demasiadas escalas, desde montanhas até pulgas, para poderem caber dentro de um meio com um tamanho fixo de granulação. E nossa memória visual não poderia ser, tampouco, uma caixa de sapatos cheia de fotografias. Não haveria maneira de encontrar aquela que você precisa sem que se examinasse cada uma destas fotos para reconhecer o que está nela. (Arquivos de fotos e vídeo enfrentam um problema similar). Imagens de memória devem ser rotuladas e organizadas dentro de uma superestrutura proposicional, talvez um tanto semelhante à hipermídia, onde arquivos gráficos são associados a pontos de ligação em um grande texto ou base de dados.

O pensamento visual com frequência é governado mais intensamente pelo conhecimento conceitual que empregamos para organizar nossas imagens do que pelo conteúdo das próprias imagens. Mestres de xadrez são conhecidos por sua memória notável para as peças num tabuleiro. Mas não acontece porque pessoas com memórias fotográficas se tornem mestres de xadrez. Sua memória capta relações significativas entre as peças, tais como ameaças e defesas, e não apenas a sua distribuição em espaço. (Pinker, 1999, p. 314).

Um outro exemplo provém de um experimento maravilhoso low-tech (de baixa tecnologia) pelos psicólogos Raymond Nickerson e Marilyn Adams. Eles pediram às pessoas que desenhassem de memória os dois lados de uma moeda de um centavo, que todos já viram milhares de vezes. Mas quando lhes mostravam 15 desenhos de possíveis moedas de um centavo, menos da metade das pessoas escolheram o desenho correto. Obviamente, as memórias visuais não são desenhos exatos de objetos inteiros.

Nosso conhecimento geográfico também não é um grande mapa mental, mas sim um conjunto de mapas menores, organizados por afirmativas sobre como eles estão relacionados.

Finalmente, as imagens não podem servir como nossos conceitos, e tampouco podem servir como os significados de palavras no dicionário mental. Uma antiga tradição em filosofia e psicologia empirista tentou alegar que as imagens podiam servir, já que se ajustavam ao dogma que não há nada no intelecto que não estivesse previamente nos sentidos. Supunha-se que as imagens eram cópias degradadas ou sobrepostas de sensações visuais, com as arestas aparadas e as cores misturadas de modo que pudessem representar categorias inteiras, em vez de objetos individuais. Desde que você não pense muito a fundo sobre como seria a aparência dessas imagens compostas, a idéia possui um quê de plausibilidade. Mas então, como se representariam as idéias abstratas, mesmo algo tão simples como o conceito de um triângulo? Um triângulo é qualquer polígono de três lados, mas qualquer imagem de um triângulo tem de ser de um triângulo isósceles, escaleno, ou equilátero. John Locke fez a alegação

enigmática que nossa imagem de um triângulo é “ao mesmo tempo todas e nenhuma”. Berkeley enfrentou Locke, desafiando seus leitores a formar uma imagem mental de um triângulo que fosse isósceles, escaleno, equilátero, e nenhuma das anteriores ao mesmo tempo. Porém, “em vez de abandonar a teoria de que as idéias abstratas são imagens, Berkeley concluiu que nós não temos idéias abstratas!” (Pinker, 1999, p. 315).

No início do século XX, Edward Titchener, um dos primeiros psicólogos experimentais da América, aceitou o desafio. Por uma cuidadosa introspecção de suas próprias imagens, ele afirmou representar qualquer idéia, por mais abstrata que fosse: E como uma imagem concreta poderia representar um conceito abstrato, como “liberdade”? A Estátua da Liberdade já está tomada; ela presumivelmente está representando o conceito a “Estátua da Liberdade”.

Segundo Pinker (1999), as imagens são ambíguas, mas os pensamentos, praticamente por definição, não podem ser ambíguos. Nosso bom senso faz distinções que as imagens em si mesmas, não fazem; portanto nosso bom senso não é apenas uma coleção de imagens. Se uma imagem mental é usada para representar um pensamento, precisa ser acompanhada por uma legenda, um conjunto de instruções sobre como interpretá-las – em que prestar atenção e o que desconsiderar. Quando sai de cena a visão e entra o pensamento, não há como contornar a necessidade de símbolos abstratos e proposições que selecionem aspectos de um objeto para a mente manipular. (Pinker, 1999, p. 316).

Ver não significa apenas enxergar, é pensar e sentir, e a partir desse pensar e sentir saber construir. Construir não é repetir, é criar a partir do saber, é criar a partir do conhecimento através da compreensão desse conhecimento, onde não há dúvidas e sim soluções. O sentir é a base do pensamento, pois como pensar em algo que não sinto? Se você conseguir pensar em coisas que você não sente, acreditamos que não tem sentido nenhum, pois estamos pensando num vazio. Isso acontece em qualquer tipo de situação que se possa enfrentar. No caso da visualização espacial seria talvez impossível a

compreensão da mesma se nós a olhassemos apenas com a visualização dos olhos, a visualização real está por trás dos olhos que é a visualização da mente e a consciência como harmonizador de todo esse mistério.

Mas apesar de ser ainda um grande mistério da ciência, nós a entendemos até certo ponto porque a sentimos e o sentir seja talvez a explicação do grande mistério.

Talvez o que falta pra nós educadores é exatamente percebermos a nós mesmos e ensinarmos ao mundo, a escola a sentir, a se emocionar o quanto somos capazes de sentir e a viver aquilo que estamos fazendo. Talvez mudarmos o sentido, esquecer o que devemos aprender e nos prender o como devemos aprender, ficando apenas com o essencial, aquilo que realmente nos faz crescer e nós tornarmos sábios em pequenas coisas que não estávamos acostumados a ver porque apenas olhávamos dos olhos para fora e não dos olhos para dentro, que este sim é sem limites e é totalmente infinito, seja na medicina, na engenharia e na filosofia que está unida na história de cada um.

O nosso cérebro é a engenharia mais perfeita e construída com a geometria da natureza e é alí que se encontra o grande segredo para todos os mistérios, e nós tentamos a nos realizar fora dele.

Tentar se adaptar a esse novo jeito de ver é bastante difícil. Da mesma forma que é difícil quem vê, ficar cego, é talvez mais difícil para um cego ver, segundo Sacks (1995, p. 124), pois ele precisa confiar na visão e ele precisa aprender a enxergar, não é de uma hora para outra, precisa de um preparo muito especial, e aprender a ver é excitante, mas amedrontador, está incerto do que significa ver pois tudo é novo.

William Harvey, escreveu no século XVII que: “Não há lugar onde a natureza exponha mais abertamente seus mistérios secretos, do que nos casos em que mostra vestígios de seu funcionamento fora do caminho trilhado”.

Mas será que é tão fácil e simples ver, ou ver requer experiência, aprendizado?

O filósofo do século XVII William Molyneux, cuja mulher era cega, colocou a seguinte questão ao seu amigo John Locke: Suponhamos que um homem nascido cego, e agora adulto, a quem é ensinado distinguir o cubo da esfera pelo tato, volte a ver:[será que poderia agora] pela visão, antes de tocá-los [...],distinguir e dizer qual é o globo ou o cubo?”. Locke considerou o problema em seu *Essay concerning human understanding*, de 1690, e decidiu que a resposta era não. Em 1709, examinando mais detalhadamente o problema e toda relação entre a visão e o tato, em *A new theory of vision*, George Berkeley concluiu que não havia necessariamente conexão entre o mundo tátil e o da visão – que a conexão entre os dois só poderia ser estabelecida com base na experiência”. ”Em 1728, William Cheselden, cirurgião inglês, removeu as cataratas dos olhos de um menino de treze anos, nascido cego. A despeito de sua grande inteligência e juventude, o menino esbarrou em profundas dificuldades com as mais simples percepções visuais. Ele não tinha a menor idéia de distância. Não tinha a menor idéia de espaço e tamanho. E se confundia extremamente com desenhos e pinturas, pela idéis de representação bidimensional da realidade. Como previa Berkeley, ele dava sentido ao que via apenas gradualmente e enquanto fosse capaz de conectar as experiências visuais com as táteis. O mesmo ocorreu com outros pacientes nos 250 anos desde a operação de Cheselden: quase todos experimentavam as mais profundas confusões e perturbações lockianas. Não há dúvidas de que todos viram. Mas o que ? O que significava ver para essas pessoas antes privadas de visão? Em que espécie de mundo ele foi jogado?” (Sacks, 1995, p.125).

“A vida de um neurologista ou de um ‘educador’ não é sistemática, pois lhes são oferecidas a todo momento situações novas e inesperada, que podem se transformar em janelas, passagens para a complexidade da natureza – uma passagem que não se pode prever a partir do curso da vida comum.” (Sacks,1995, p.124).

Por isso é importante que estejamos mais atentos de como ensinamos as pessoas a visualizarem o mundo em que vivemos e como o compreendemos para que possamos construí-lo olhando com os olhos da mente e conseqüentemente por meio do raciocínio e da memória, com os olhos da nossa consciência.

CAPÍTULO 4. RACIOCÍNIO, MEMÓRIA E CONSCIÊNCIA

4.1 Raciocinar é produzir inferências

Segundo Fialho (1998) a natureza da produção de inferências permitem distinguir duas classes de ponto de vista de suas finalidades: raciocínios com fins epistêmicos e raciocínios com fins pragmáticos.

Os resultados com fins epistêmicos são utilizados para construir interpretações. Estes são tipicamente os raciocínios que intervêm no diagnóstico, na pesquisa de causa, na identificação de responsabilidades.

Os resultados para fins pragmáticos são utilizados para atingir objetivos de ação, definir planos de ação, ou produzir seqüências de ações.

Se se considera a relação entre o grau de generalidade das conclusões e o grau de generalidades das premissas, pode-se distinguir, ainda, duas outras formas de raciocínio: os raciocínios cujas conclusões são mais gerais do que as premissas e aquelas cujas conclusões são mais específicas que as premissas.

Os primeiros (os epistêmicos) produzem generalizações; e os segundos, (pragmáticos) particularizações. Os primeiros são orientados para a construção de conhecimentos, e os segundos para a existência de conteúdos particulares.

Encontra-se estes dois movimentos, ascendentes e descendentes, por sua vez nos raciocínios com fins epistêmicos e com fins pragmáticos.

No caso dos primeiros, a distinção envolve a diferença entre raciocínio indutivo e dedutivo. No caso dos segundos, a distinção não tem sido tão claramente evidenciada.

A maioria dos raciocínios com fins pragmáticos, são incontestavelmente, raciocínios de particularização. Contudo podemos citar diversos exemplos de raciocínio pragmático que conduzem a uma generalização.

Os elementos de informação a partir dos quais são feitos os raciocínios são, de um lado, informações contidas no estado momentâneo da representação e, de outro, conhecimentos na memória. Denominamos estado de representação o conjunto de informações presentes nela durante a construção. Pode-se ter, neste estado, informações que não estão integradas em uma interpretação de conjunto.

Os raciocínios produzem inferências de um lado por meio de regras que definem as condições de passagem das informações conhecidas às conclusões, e de outro, utilizando conhecimentos na memória referentes a esquemas pragmático de raciocínio.

As regras que estão na base do raciocínio não são aquelas que a lógica clássica utiliza para definir as condições de validade de raciocínio. Isto significa que os raciocínios não servem somente para demonstrar, mas também para formar hipóteses e desenvolver heurísticas de pesquisa. A qualidade do raciocínio é também ser produtivo e não apenas validar informações que se têm. É orientar a pesquisa ou ações para os caminhos cuja validade, que ainda não esteja garantida, têm melhores chances de se aproximar da solução. (Fialho, 1998, p. 67-68).

A memória dos fatos orientados por meio do raciocínio, funcionam como um guia de conduta futura para o indivíduo, auto-instruído em como proceder diante de um futuro problema.

4.2 Memória e aprendizagem

A memória é concebida hoje como uma das mais importantes funções cerebrais e está intimamente ligada ao aprendizado e à capacidade de repetir os acertos e evitar os erros já cometidos. No caso da memória visual, por exemplo, tudo tem início com os sinais luminosos captados pela retina. Os impulsos elétricos migram para o nervo óptico e, daí, para o córtex cerebral – a matéria cinza que concentra as funções cerebrais mais evoluídas. O impulso morre, mas a passagem do impulso por um determinado caminho estabelece conexões entre neurônios e possibilita ao cérebro recriar futuramente a imagem.

As sensações vividas podem ser reproduzidas, sempre que se julgar necessário. Os neurônios se incumbem de enviar impulsos elétricos pelo caminho já trilhado. Sons, imagens ou a combinação de estímulos permitem ao indivíduo ativar novamente esses

padrões de conexão. A formação e o armazenamento inicial das memórias de fatos e eventos se fazem na região do hipocampo e suas conexões. A amígdala guarda impressões de medo e alerta. O gânglio basal estoca informações de hábitos e habilidades físicas. O cerebelo guarda memória de procedimentos.

A memória rápida ocorre no córtex prefrontal e em suas conexões. A natureza fragmentada dos arquivos de memória permite ao indivíduo refinar suas impressões do passado. Ao mesmo tempo, habilita o homem a selecionar, pela via das emoções e processos químicos a eles relacionados, as memórias que pretende guardar e aquelas que jamais gostaria de restabelecer. Como em uma imensa biblioteca parcialmente incendiada, o cérebro lesado pode guardar coleções de livros absolutamente intactos.

Você sabia que toda vez que você aprende alguma coisa ou adquire alguma experiência, as células do seu cérebro sofrem uma alteração e essa alteração refletirá em seu comportamento?

Por exemplo, se você já passou por uma rua à noite e percebeu que ali haviam pessoas com aparência estranha e perigosa, você evitará passar por aquela rua novamente. Ou, se uma criança levou um choque ao colocar o dedinho dentro de uma tomada elétrica, ela nunca mais emitirá aquele comportamento. Nestes exemplos, o comportamento foi modificado em decorrência de uma experiência.

Cada célula cerebral (ou neurônio) contribui para o comportamento e para a atividade mental, conduzindo ou deixando conduzir impulsos. Todos os processos da memória são explicados em termos dessas descargas.

As alterações celulares decorrentes da aprendizagem e memória são chamadas de plasticidade. Elas se referem a uma alteração na eficiência das sinapses e podem aumentar a transmissão de impulsos nervosos, modulando assim o comportamento.

A experiência pode se dar por uma aprendizagem ativa ou pela convivência em lugares enriquecidos com indivíduos, cores, música, sons, livros, cheiros, etc.

Em laboratórios científicos também foi possível demonstrar que ratinhos apresentam um número muito maior de células cerebrais interconectadas umas com as outras quando eles vivem em conjunto em uma gaiola cheia de brinquedos como rodinhas, bolas, etc., do que os ratos que vivem em uma gaiola sozinhos e sem nada para fazer ou aprender.

Alguns dos maiores estudiosos do fenômeno da aprendizagem e memória na década de 40, Donald Hebb, de Montreal, e Jersy Konorski, da Polônia, foram os primeiros a acreditar que a memória deve envolver mudanças ou aumentos nos circuitos nervosos.

Circuitos nervosos são conjuntos de neurônios que se comunicam entre si através de junções denominadas de sinapses.

Quando uma célula é ativada, é desencadeada a liberação de substâncias químicas nas sinapses, chamadas neurotransmissores, tornando-as mais efetivas. Pesquisas encontraram que neurônios "exercitados" possuem um número maior de ramificações (dendritos), se comunicando com outros dendritos de outros neurônios. Assim, para que as memórias sejam criadas, é preciso que as células nervosas formem novas interconecções e novas moléculas de proteína. Cardoso (URL: <http://www.epub.org.br/cm/no1/memo/crescimento.html>, acessado em 20/03/2000).

4.2.1 Tipos de memória

Pense na diferença entre memorizar a data de aniversário de alguns amigos versus aprender a andar de bicicleta. As diversas coisas que aprendemos e lembramos

não são processadas sempre pelo mesmo mecanismo neural. Existem diferentes categorias de memórias, entre elas estão:

- memória declarativa (memória para fatos e eventos), por exemplo, lembrança de datas, fatos históricos, números de telefone, etc.
- memória processual (memória para procedimentos e habilidades), por exemplo, a habilidade para dirigir, jogar bola, dar um nó no cordão do sapato e da gravata, etc.

A memória para datas (ou fatos históricos e outros eventos) é mais fácil de se formar, mas ela é facilmente esquecida, enquanto que a memória para aprendizagem de habilidades tende a requerer repetição e prática. Cardoso (URL: <http://www.epub.org.br/cm/no1/memo/crescimento.html>)

4.2.2 Os mecanismos cerebrais da memória

A memória não está localizada em uma estrutura isolada no cérebro; ela é um fenômeno biológico e psicológico envolvendo uma aliança de sistemas cerebrais que funcionam juntos.

O lobo temporal é uma região no cérebro que apresenta um significativo envolvimento com a memória. Ele está localizado abaixo do osso temporal, acima das orelhas, assim chamado porque os cabelos nesta região frequentemente são os primeiros a ser tornarem brancos com o tempo.

Existem consideráveis evidências apontando esta região como sendo particularmente importante para armazenar eventos passados.

O lobo temporal contém o neocórtex temporal, que pode ser a região potencialmente envolvida com a memória a longo prazo.

Nesta região também existe um grupo de estruturas interconectadas entre si que parece exercer a função da memória para fatos e eventos (memória declarativa), entre

elas está o hipocampo, estruturas corticais circundando-o e as vias que conectam estas estruturas com outras partes do cérebro. O hipocampo ajuda a selecionar onde os aspectos importantes para fatos e eventos serão armazenados e está envolvido também com o reconhecimento de novidades e com as relações espaciais, tais como o reconhecimento de uma rota rodoviária.

A amígdala, por sua vez, é uma espécie de "aeroporto" do cérebro. Ela se comunica com o tálamo e com todos os sistemas sensoriais do córtex, através de suas extensas conexões. Os estímulos sensoriais vindos do meio externo como som, cheiro, sabor, visualização e sensação de objetos são traduzidos em sinais elétricos, e ativam um circuito na amígdala que está relacionado à memória, o qual depende de conexões entre a amígdala e o tálamo. Conexões entre amígdala e hipotálamo, onde as respostas emocionais provavelmente se originam, permitem que as emoções influenciem a aprendizagem, porque elas ativam outras conexões da amígdala para as vias sensoriais, por exemplo, o sistema visual.

O Córtex pré-frontal exibe também um papel importante na resolução de problemas e planejamento do comportamento. Uma razão para se acreditar que o córtex pré-frontal esteja envolvido com a memória, é que ele está interconectado com o lobo temporal e o tálamo.

O que nos faz lembrar de uma detalhada história ocorrida no passado? Como deixamos fluir naturalmente as frases complicadas de longas canções? Por que nunca nos esquecemos de como se dirige um automóvel?

Nestes exemplos, a memória surge como um processo de retenção de informações no qual nossas experiências são arquivadas e recuperadas quando as chamamos. Ela está intimamente associada à aprendizagem, que é a habilidade de mudarmos o nosso comportamento através das experiências que foram armazenadas na memória; em outras palavras, a aprendizagem é a

aquisição de novos conhecimentos e a memória é a retenção daqueles conhecimentos aprendidos.

Assim, aprendizagem e memória são o suporte para todo o nosso conhecimento, habilidades e planejamento, fazendo-nos considerar o passado, nos situarmos no presente e prevermos o futuro. Cardoso ([URL:http://www.epub.org.br/cm/n01/memo/mecanismos.html](http://www.epub.org.br/cm/n01/memo/mecanismos.html), acessado em 20/03/2000).

4.3 Consciência e memória

Eccles, neurocientista australiano detentor do prêmio Nobel de Medicina de 1963, elucidou e descreveu o funcionamento da sinapse e ainda desafiou quem elucidasse os mecanismos da memória e da consciência.

Segundo Eccles, (apud Montagno [URL:http://www.epub.org.br/cm/n01/elson3.html](http://www.epub.org.br/cm/n01/elson3.html), acessado em 20/04/2000), a sinapse é uma microscópica fenda altamente especializada da comunicação entre células nervosas, que transmitem impulsos ao longo de suas fibras. Substâncias químicas neurotransmissores, deixam a membrana pré-sináptica da célula levando o impulso de energia-informação. Assim, depositadas neste espaço comum a duas células, as moléculas provocam a excitação da membrana da célula em contacto sináptico com ela.

Uma única célula nervosa pode mandar, através de sinapses, impulsos para até mais de 10 mil outras células, simultaneamente. Por exemplo, ao sair da medula espinhal o impulso para flexionar o dedo tem que chegar ao nervo

que vai até o músculo que, ao se contrair, efetua a flexão do dedo. É a sinapse que conecta a célula nervosa da medula com a célula nervosa do nervo que vai até o dedo. A sinapse é uma dentre a miríade de elementos e estruturas existentes entre a consciência de querer mover o dedo e a memória de como fazê-lo, utilizando bilhões de células nervosas e trilhões de sinapses.

Quando Eccles fez as pesquisas que permitiram que entendêssemos a sinapse, ele acreditava que essa elucidação contribuísse substancialmente para a solução do problema mente-cérebro: sistemas neuronais formando e operando continuamente laços dinâmicos interagentes de imensa variabilidade e complexidade, viabilizando a consciência humana. Ele primeiramente trabalhou sob os encantos da sinapse e voltou-se, depois, para os mistérios do cérebro de ligação do sistema nervoso com a consciência.

Leitor atento: pular, da microscópica sinapse para a cosmopolita consciência com sua antológica memória, não é didático. É porém assim que pulam os impulsos bioelétricos dentro da mais extraordinária estrutura jamais conhecida: o cérebro humano. E têm sido assim há muito tempo, memória e consciência; idéias saltando entre nossos muitíssimos neurônios.

Ainda que não persigamos o prêmio maior da ciência dos homens, governar a vida em nós, e cuidar das vidas que dependem de nós, é o nosso desafio e é o nosso prêmio.

A consciência e a memória são intangíveis realidades vivas que assombram e impelem a humanidade, e não somente para os neurocientistas.

Forjamos hoje a consciência planetária que vai permitir que continuemos a viver como espécie. A memória do caminho nos assegura que vamos usar nossas consciências no governo das técnicas que vão permitir nossa sobrevivência. É o verdadeiro governo oculto no mundo. Dobramos nossa vida média e multiplicamos nossa população em muitas vezes neste

milênio que se encerra. A consciência e a memória, através do trabalho de sinapses interligando magnificamente as incontáveis células de nosso corpo, geraram a ciência e a tecnologia.

Estabelecemos as prioridades, a política verdadeira, com nossa memória, que aprimora e burila a nossa consciência. Hoje comunitária, societária, amanhã cosmopolita, planetária. Assim mantemos e fazemos evoluir a vida em nosso mundo, deixando para trás a inconsciência predadora, que nos permitiu ascender ao topo da cadeia alimentar. Às expensas (custas) de um saque ao futuro, temos nos permitido até agora o aniquilamento de irmãs e irmãos, a extinção de animais, plantas, cascatas e florestas.

A música do trabalho de bilhões de sinapses é o fruto que faz conhecer quando a ação completa. Que seja o corpo com suas sinapses, ligação verdadeira com consciência e memória.

Afinal uma célula, uma pessoa, um país um mundo como o nosso, precisam de memória para não esquecerem suas prioridades: para a saúde, a educação, a segurança, transporte e alimentação. Para não se perderem dentro de suas tarefas de sobrevivência e não perpetuarem o esquecimento das verdadeiras prioridades.

Sir John Eccles fez a uma pergunta prontamente respondida por ele mesmo: "Sabe você por que fui estudar cérebro? Para entender a mim mesmo!" Quando o conheci, ele já havia se tornado um sábio".

CAPÍTULO 5. O PROCESSO HISTÓRICO PEDAGÓGICO RELATIVO A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

São poucos os princípios gerais que contam com o respaldo de quase todos os teóricos (Woolfolk, apud. Casas, 1999), sobre os aspectos que compõem o desenvolvimento humano e o modo como acontecem:

- as pessoas se desenvolvem com ritmos distintos;
- desenvolvimento é relativamente ordenado;
- desenvolvimento ocorre de forma gradual.

5.1 A construção do conhecimento na educação

“O conhecimento da razão humana e o mundo da experiência pessoal são produtos simultâneos de construções cognitivas humanas, isto significa que o homem só pode conhecer o que ele mesmo tem produzido”

(Glaserfeld, E. V., p.28).

O caráter inacabado do enfoque construtivista, em seu desenvolvimento atual, propicia, a partir do âmbito da educação, a busca de explicações convergentes em outros âmbitos para configurar um marco de referência integrado que oriente a atuação de seu preceito básico: “a consideração da educação como construção humana”. Com tecnologias adequadas, promove a atividade mental construtivista do sujeito nos âmbitos cognitivos, afetivos, comportamental e através de decisões pedagógicas adequadas, pode-se criar todo um conjunto de condições e situações facilitadoras com a finalidade de que o sujeito vá construindo o seu próprio conhecimento através de suas diferentes e variadas experiências de aprendizagem formal e informal. A partir desta perspectiva cujo alvo vai além dos limites de uma teoria de aprendizagem para focalizar sua atenção na construção pessoal do conhecimento, a “finalidade última da intervenção pedagógica é contribuir para que o aluno desenvolva as capacidades de realizar aprendizagens

significativas por si mesmo...e que aprenda a aprender” (Coll, C., apud Miguet et al, 1999, p. 23) e a pensar.

Atendendo a esta finalidade, caberia resenhar uma série de preceitos que, como parte do corpo conceitual e epistemológico do construtivismo, funcionam como princípios a serem levados em conta na ação educativa tendo como objetivo a construção pessoal do conhecimento. Estes princípios são apenas um ponto de partida, um esboço para uma configuração de uma teoria construtivista da educação que oriente a prática educativa:

- Princípio de interação do homem com seu meio.

O homem, se constrói a si mesmo, em um processo de interação com o mundo – meio sócio cultural – produzido por ele . Segundo Glaserfeld, o mundo que é produzido é um mundo de experiência e que não tem qualquer pretensão de ser “verdade” no sentido de corresponder a uma verdade ontológica – não faz parte do mundo natural; é real como produto da atividade humana - filogeneticamente falando - como produto da experiência de conhecimento de uma história humana compartilhada. Em troca o mundo para o homem, ontogeneticamente falando, é uma realidade determinada, externa, objetiva, enquanto que a atividade humana - de espécie – objetivada. (Berger, P. e Lukman, Th., apud, Miguet et al, 1998, p. 24).

O homem como espécie é capaz de construir um mundo constituído pelo resultado de suas próprias experiências, que em seguida o homem – como indivíduo – experimenta como algo distinto de um produto humano. Contudo, tais questões não são aspectos que antecedem separadamente, isoladamente um do outro, e nem se quer são momentos de um processo que se sucedem uns após outros consecutivamente, mas entre eles se produz uma dialética constante: são etapas de um processo interagindo constantemente entre si. Em um primeiro momento, é o homem que constrói o meio sócio-cultural através das experiências resultantes de sua interação ativa com o meio natural e de relação interpessoal. A progressiva cristalização ou concretização dos resultados destas experiências em conhecimentos permite qualificar o meio sócio-cultural – mundo construído pelos homens – como realidade objetiva, em outras palavras, atividade humana objetivada. Como tal realidade é alheia às experiências do

homem como indivíduo, este tem que aprendê-la, já que para ele é uma realidade dada, ainda que no sentido ontológico, senão unida à uma atividade humana que a construiu, e tal realidade “objetiva” é por sua vez aprendida pelo sujeito em seu processo de socialização. No entanto, como o sujeito, ao aprender a realidade, entende não tanto as características “objetivas” que a conformam quanto a percepção que a realiza de tais características, tem-se como resultado que o conhecimento que o sujeito vai construindo em sua interação com o mundo não é uma simples cópia desse mundo e aceitar que o conhecimento não é uma cópia da realidade implica aceitar que a realidade não tem um sentido único, mas que é uma realidade produzida por ele. Este mundo que o sujeito cria é a representação do mundo real; tal é o sentido piagetiano de que as construções são representações de um mundo real ao qual o sujeito tem que se acomodar, ajustar-se – não se corresponder. Trata-se de um processo constante. Assim o construtor original desse meio sócio-cultural conhecido é o homem, que por sua vez vai se construindo como homem, como realidade pessoal, em interação com esse meio sócio-cultural; este não se constrói de uma vez só e para sempre, mas constantemente o homem vai criando cultura, técnica, arte..., e, por sua vez, a arte e a técnica e a cultura criadas - feitas realidade – e objetivadas através da linguagem influenciam no processo de construção humana, processo através do qual o homem realiza uma dupla “operação”: por um lado, aprende a realidade produto da atividade humana objetivada, e, por outro, produz – continua produzindo continuamente – a mesma realidade como resultado de sua constante atividade, já que o conhecimento humano se desenvolve, se organiza e se modifica nos processos de interação com o meio. (Miguet et al, 1998, p. 25).

A elaboração do conteúdo de educação não pode excluir os fatores de interação, e deve levar em conta que ele está em função também da experiência prévia ou aprendizagens educativas anteriores por parte dos sujeitos.

- Princípio da experiência prévia.

Glaserfeld, em uma interpretação de G. B.Vico, formula a idéia de que a construção do conhecimento “está restringida por condições que surgem do material utilizado, o qual, seja concreto ou abstrato, sempre é consequência dos resultados de uma construção anterior” (Miguet, et al,1998, p. 30).

Segundo este princípio, a mente gira sobre si mesma, sobre suas experiências anteriores para dar um sentido coerente de suas construções. Bruner utiliza o termo “recursividade”, para explicar tal fenômeno, definindo-o como o mecanismo pelo qual o conhecimento se constrói sobre os resultados de aprendizagens anteriores, constituindo-se estas aprendizagens prévias um elemento que condiciona a organização de novas aprendizagens. Trata-se de um mecanismo que explica o processamento da informação sobre a base de informações já processadas, (Bruner, J., 1988, p. 105). De maneira semelhante se expressa Feldman C.(1990, cap.7 apud Miguet et al 1998), ao estabelecer a relação entre o que denomina epistêmico – o conhecimento velho – e o ôntico – conhecimento novo –. Neste princípio, influenciam amplamente construtivistas como Ausubel, Kelly, entre outros, que sublinham a enorme influência que as experiências anteriores têm no processo de construção do conhecimento, até o ponto de considerar que ele, o sujeito, determinará em alto grau o que ele aprenderá. Já que o sujeito ao aprender, ativa uma série de processos cognitivos que lhe permite elaborar representações simbólicas internas do que percebe, tal aprendizagem se vê influenciada pelo tipo de representações simbólicas previamente construídas ou codificadas (Area Moreira, M,1991, p.47). Portanto, os limites estabelecidos pelo que já conhecemos e pelo seu modo de organização são um fator de seletividade com respeito a nova informação – o que vamos conhecer -, assim como também com respeito a interpretação dela. (Miguet, et al, 1998, p. 26).

- Princípio de elaboração do “sentido no mundo da experiência”.

A elaboração de sentido por parte do sujeito baseia-se na possibilidade de estabelecer regularidades no mundo da experiência (Glaserfeld, E.V.,1990, p.31), com base na crença de que o mundo não pode ser caótico, mas que nele se estabelecem determinada ordem e uma relativa estabilidade, que permitem ao sujeito deduzir os dados experienciais à determinada espécie de conjecturas que dá consistência as suas construções pessoais.

O necessário estabelecimento de regularidades para poder atuar cognitivamente requer colocar em relação situações de experiências repetidas em tempo e espaço

diferentes e proceder a sua comparação. O produto de tal comparação leva o sujeito a valorizar tipos ou qualidades nesta relação de semelhança ou de diferenças entre as várias situações ou nas propriedades dos objetos ou dos símbolos que as definem. Levando em conta que todos os objetos existem no tempo e no espaço, parece razoável entender a construção do conhecimento como “a procura de regularidades percebidas nos fatos” (Novack, J. D., 1998, p.36). Assim, devido à estabilidade do meio – que vai mudando ainda que dentro de determinadas invariâncias -, as relações de semelhanças não podem ser absolutas, já que as propriedades dos objetos ou de suas representações simbólicas apresentam uma determinada variação de uma situação a outra. Aqui reside o princípio piagetiano de assimilação e acomodação (Glaserfeld, E. V., 1990, p.34). O sujeito tem a tendência de assimilar aqueles objetos ou símbolos a respeito dos quais estabelecem experiências repetidas uma relação de semelhança entre todas as partes das propriedades que as compõem. Da mesma maneira quando em experiências repetidas, os objetos ou símbolos que os representam apresentam semelhanças em parte de suas propriedades, porém não se comportam da mesma maneira, eles originam no sujeito um conflito que vai tender a desembocarem uma nova relação sobre a base das propriedades que não sejam comuns a ambos, até que se estabeleça o “ajuste” necessário – homeostases cognoscitiva - que regule o curso de suas ações e propicie a elaboração de novas estruturas de significado sobre as quais devem assentar suas operações de relação-comparação. Deste modo, quando o sujeito avalia suas situações experienciais – emite juízos de valor de semelhança ou diferença nas relações que estabelece -, tende a ajustar dentro de uma estrutura coerente (Berger, P. e Luckman, Th., apud Miguet et al, 1998, p. 27).

- Princípio de organização ativa.

O sujeito vai construindo seu conhecimento ao mesmo tempo que vai organizando as estruturas resultantes de seus juízos de semelhança e diferença dos objetos ou símbolos de sua experiência em situações repetidas, ainda que esta organização esteja em função da experiência pessoal acumulada, quer dizer, da quantidade de elementos e da qualidade de relações estabelecidas entre eles, aos quais o sujeito precisa recorrer para estabelecer as comparações. A atividade a qual o sujeito organiza seu mundo experiencial implica” um fazer não com as mãos, mas com as

mentes, ou melhor com linguagens ou outros sistemas simbólicos (Goodman, N., 1990). Tais sistemas simbólicos constituem a ferramenta com o qual o sujeito constrói o conhecimento, já que representam modos de organizar os próprios pensamentos a respeito das coisas, quer dizer o sujeito organiza a percepção e a ação do “pensamento”, e os sistemas simbólicos, particularmente a linguagem, são a base do pensamento em ação. (Miguet et al,1998, p. 28).

- Princípio de adaptação funcional entre o conhecimento e a realidade.

O estudo do conhecimento em relação à sua gênese, ao processo de conhecer, as relações de sujeito objeto – quem conhece, o que conhece, como conhece -, assim como a validade ou o erro do conhecimento são todas as questões que estão definindo a maneira em que se leva a cabo a aprendizagem, em função da qual deve-se adaptar a elaboração e a realização das ações educativas.

Da concepção que se tem sobre como são adquiridos ou formados os conhecimentos vai depender da forma como se organiza o ensino; quer dizer, o ensino é função da concepção da epistemologia da qual se parte, já que os sistemas de ensino apóiam-se explícita ou implicitamente em uma concepção de como se aprende. (Delva, J., apud Miguet, et al, 1998, p. 28).

A construção do conhecimento, tanto no plano individual como no plano coletivo, envolve um constante ajuste com a realidade; um processo de modificação constante que se adapta ao ritmo da evolução e mudanças das organizações pessoais e coletivas do mundo experiencial. A partir desta postura, são sublinhados os seguintes aspectos:

- Diante da concepção que o conhecimento se organiza em sistemas conceituais estáticos, defende-se que tal conhecimento é organizado em sistemas conceituais em desenvolvimento.

- Diante de critérios de racionalidade absoluta, defende-se critérios de verificação dinâmicos, visto que se o conhecimento muda, parece óbvio pensar que os critérios de avaliação do mesmo têm que se adaptar à mudança.
- Diante da concepção monolítica da ciência, segundo a qual o sistema não varia, exceto no sentido quantitativo do aumento do conhecimento, defende-se uma concepção evolutiva da ciência no sentido qualitativo de reorganizar o conhecimento; isto é, diante da idéia de agregação do conhecimento, destaca-se a idéia de gradação (Toulin, S., 1977, p. 151), no sentido de que tal reorganização implica mudanças que podem ser mais lentas ou mais rápidas, mas que são parciais e sujeitas ao contexto social de interpretação, representada pela comunidade científica.
- Diante a uma separação explicativa referente à construção do conhecimento público e privado que implica uma relação isomórfica entre os dois, e na qual o conhecimento individual se constrói com referencia ao modelo de construção do conhecimento científico, defende-se que tal conhecimento individual se constrói sobre bases de referenciais próprias no sentido de que os sujeitos elaboram seus próprios conhecimentos, sobre a base de suas próprias organizações mentais. A partir deste ponto de vista se tem estabelecido a metáfora do sujeito como científico, o que envolve a idéia de construtor do conhecimento de maneira solitária, porque as formas de onde provém a organização mental são encontradas no mundo da experiência e, particularmente, dentro da estrutura de linguagem (Ibañez Gracia et. al.1989, p. 39); a linguagem, a maneira de falar são portadores de significado das propriedades *organizacionais da mente e da ação*, e tais “maneiras” são próprias de uma cultura local, a partir da qual o sujeito constrói inter-subjetivamente o conhecimento, da mesma maneira que o conhecimento público se constrói a partir do consenso de uma comunidade científica determinada. (Miguet et al, 1998, p. 30).

Nestes esclarecimentos sobre as perspectivas bioantropológicas e genéticas, não há pretensões de aprofundamento, apenas serão citadas informações adicionais a respeito da concepção construtivista do conhecimento.

A perspectiva bioantropológica da teoria do conhecimento pode ser resumida em uma série de pontos que podem representar os pilares de uma concepção construtivista aplicada à educação:

- Que o homem é um ser constitutivamente inacabado e tem que “fazer-se”, concluir-se.
- Que o homem é um ser constitutivamente aberto, o que lhe permite projetar sua vida; quer dizer, “fazer-se“, construir-se de uma determinada maneira; não de qualquer maneira, mas em função de seus propósitos.
- Que a inconclusão do homem impele-o à ação, e sua abertura possibilita tal ação.
- Que sua necessidade de construir-se somente pode ser satisfeita sendo um ser que atua; quer dizer, através de sua própria atividade.
- Que a função simbólica - a linguagem - amplia e enriquece suas possibilidades de ação
- Que o ser atuante implica um “meio” no qual interage.

Já em relação a perspectiva da genética do comportamento, a partir do âmbito da bioantropologia vem se explicitando como o homem vai configurando e enriquecendo sua existência a medida em que vai consolidando seu processo de hiperformalização cerebral; o fato de ser um animal hiperformalizado possibilita ao homem não somente integrar os conhecimentos, costumes, atitudes, valores, etc., que a partir da ótica filogenética vem formulando ao longo da história, mas também ser capaz de criar cultura, de construir o futuro por meio de suas elaborações e reestruturações pessoais. Neste sentido, as características próprias da estrutura psicobiológica humana – indeterminação, unicidade, abertura e inconclusão – oferecem ao homem, a princípio, algumas enormes possibilidades de ação. Entretanto, tais possibilidades não são ilimitadas, já que toda aprendizagem, entendida como processo construtivo interno, é realizada pelo homem a partir de duas instâncias relacionadas entre si: a carga genética com o qual nasce e o meio com o qual se relaciona. A relação destas instâncias e o peso ou influência de cada uma delas nas elaborações e estruturações pessoais a partir das quais o homem vai configurando suas características psicológicas tem sido objeto de estudo nas últimas décadas. (Miguet, 1998, p. 41).

Posteriormente, a influência dos fatores hereditários e ambientais foi formulada em termos de interação, centrando-se os trabalhos de pesquisa nos processos genéticos e aquisitivos que diretamente podiam interagir na diferenciação dos sujeitos. Segundo esta formulação, os efeitos da influência de cada tipo de fator – genético e ambiental – dependem da maneira em que contribuía o outro; trata-se de uma relação de interdependência, segundo a qual um mesmo fator ambiental pode exercer uma influência diferente que estará em função da carga genética específica sobre a qual atua; da mesma maneira um fator hereditário pode exercer uma influência diferente segundo as condições ambientais que se lhe apresentam.

Trata-se aqui de explicar não “o que” ou “o quanto”, mas como um sujeito, em função da ação de seus genes e o ambiente o qual interage, vai construindo o seu conhecimento. O fato é que os genes contêm descritores que constituem uma disposição a atuar, mas não induzem a produção da conduta, e que a atualização desta disposição estará em função de algumas características ambientais, que dá margem e salienta a convergência desta formulação com os pressupostos sobre os quais se sustenta a perspectiva construtivista e a perspectiva bioantropológica, com referência à importância capital que a inter-relação do homem com o meio tem na construção de sua realidade pessoal.

Neste aspecto, a educação adquire especial relevância, já que partindo do material biológico do sujeito, pode possibilitar aqueles “ambientes” nos quais podem ser atualizados. Aqueles descritores disposicionais que melhor se ajustem as finalidades educativas, já que os sujeitos processaram aqueles elementos provenientes do meio. O papel da educação é a chave porquanto condiciona em seu duplo sentido de induzir ou reprimir a transcrição genética, quer dizer, “o meio ambiente controla a atividade dos genes”(Delins, J., 1986, p.296), e isto se produz de maneira constante. O papel do ambiente é definitivo na tradução do código genético individual do sujeito, o qual tem influência na inter-relação que se estabelece entre processo de amadurecimento, processo educativo do sujeito. Em relação a esta inter-relação, são particularmente significativas pela ótica construtivista de Bruner, J.: ”a cultura, logicamente, é um das duas maneiras em que são transmitidas as “instruções“ a respeito de como os seres

humanos devem crescer de uma geração à outra; a outra maneira é o genoma humano. Este tem tanta plasticidade que não existe uma maneira única de realização, nenhuma maneira que seja independente das oportunidades dadas pela cultura na qual nasce o indivíduo,...“cada uma delas contribui cem por cento a variação do fenótipo. O homem não está livre de seu genoma e nem de sua cultura. A cultura humana simplesmente proporciona “maneiras” de desenvolvimento entre o muito que a nossa herança genética plástica torna possível” (Bruner, J., apud Miguet, 1998, p. 50).

5.2 O sujeito como sistema cognitivo – processador de informação e construtor de significados

Segundo Miguet et al, (1998), à educação interessa evidentemente a eficácia na prática do binômio ensino-aprendizagem. A busca e obtenção de eficácia torna obrigatório o conhecimento de como se produz a aprendizagem, para acomodar o ensino às características da forma de aprender ou de adquirir conhecimentos à educação interessa, em definitivo, como o ser humano processa e atribui significado à informação que recebe do meio, processo no qual reside a atividade do sujeito e da educação.

A pessoa humana processa informações de uma maneira específica, quer dizer, segundo funções e insuficiências próprias. A esse respeito são quatro os elementos a serem considerados interessantes para essa discussão: o meio, o sistema cognitivo, as funções de semelhança e o construtivismo ou a teoria do conhecimento dinâmico.

O **sistema cognitivo** humano processa a informação que provém fundamentalmente **do meio**, seja físico ou social, que é a realidade que envolve o indivíduo. Tanto o meio físico quanto o meio social possuem propriedades e regularidades intrínsecas e incluem acontecimentos altamente significativos, que constituem unidades cognitivas básicas. O desenho psíquico especificamente humano inside sobre as propriedades, relações e acontecimentos do meio, mas somente na medida em que resultam significativos para um sistema cognitivo.

O sistema nervoso central (SNC) – sistema cognitivo – tem como função processar as contingências do meio e programar padrões adaptativos de conduta; é um sistema representacional, adaptativo e eficiente que compreende alguns elementos, funções e alguns recursos.

São seus elementos: as unidades representacionais básicas correspondentes às unidades cognitivas básicas do meio; a causalidade fenomenológica (para o meio físico) e as atribuições causais (para o meio social) com percepção da trama relacional existente no meio; os esquemas organizativos, como representações das contribuições do meio, determinados tipos de representações especializados em planificar e regular o conhecimento.

São suas funções: a interpretação das representações; a capacidade de ter representações simultâneas e transformá-las em previsão de acontecimentos; as realizações, de acordo com as representações.

São seus recursos: a seleção (exigida pelas próprias limitações); a distribuição de recursos (decréscimo de rendimento devido à pluralidade de processos corrente); a automatização (tentando poupar recursos cognitivos).

Nosso sistema conceitual apresenta uma gradação típica de categorias e limites, em correspondência com os do meio, o que provoca ambiguidade, da qual o S.N.C. se libera criando protótipos ou representações em função das semelhanças.

O S.N.C. constrói conhecimento a partir da informação dos dados ativados por ele mesmo. E como a complexidade dos dados não torna possível o registro direto, recorre a fazer predições baseadas em atribuições causais.

O construtivismo é, então, um sistema de representações dinâmico, cuja eficácia se manifesta por guiar a seleção de dados, ativar e acelerar o processamento e permitir combinar dados aleatórios, sejam eles insuficientes ou muito complexos. Ocupa e

desenvolve um papel central no processo de compreensão e produção do discurso dos processos cognitivos.

Segundo Flavel, Miller & Miller (1999), o conceito de cognição engloba mais do que aqueles processos tradicionais estritamente profissionais do raciocínio e resolução de problemas. “A mente humana é conceituada como um sistema complexo de processos de interação que geram, codificam, transformam e manipulam informações de diversos tipos.” (Flavel, Miller & Miller, 1999, p. 23).

Sobre a base dos enfoques expostos, trataremos de algumas visões teóricas do desenvolvimento cognitivo - Lev Vygotsky e outros que também se sobressaem na perspectiva construtivista, dentre eles : David Ausubel e Bruner.

5.3 A construção humana através das idéias de Vygotsky – relação indivíduo/sociedade.

Vygotsky dá grande ênfase à cultura e à história na constituição do homem, não desconsiderando, obviamente, os processos fisiológicos do ser humano. Para ele a base biológica do funcionamento psicológico é o cérebro. O cérebro, visto como um órgão principal da atividade mental; o cérebro, produto de uma grande evolução; é o substrato material da atividade psíquica que cada membro da espécie traz consigo ao nascer. No entanto, esta base material, não significa um sistema imutável e fixo.

O cérebro é entendido como um “sistema aberto, de grande plasticidade, cuja estrutura e modos de funcionamento são moldados ao longo da história da espécie e do desenvolvimento do indivíduo – filogênese e ontogênese -. (...) assim, o cérebro pode servir a novas funções, criadas na história do homem , sem que seja necessárias transformações no órgão físico” (Oliveira, apud Fialho, 1997).

Podemos considerar a psicologia de Vygotsky como pertencente ao campo das teorias genéticas, estudando a infância para tentar compreender a gênese, a formação e a evolução dos processos psíquicos superiores do homem. Estes seriam o modo de funcionamento psicológico tipicamente humano, como, por exemplo, a memória voluntária, a atenção concentrada, a imaginação, a capacidade de planejamento, etc. Estas funções são mecanismos intencionais, conscientemente controlados, que dão ao indivíduo uma possibilidade de independência em relação às características do momento e espaço presente.

As funções psicológicas superiores diferem das funções psicológicas elementares, encontradas nos animais e nas crianças. Enquanto as funções elementares são de origem biológica, as funções superiores são historicamente e culturalmente produzidas através da relação de um sujeito inter-ativo com o ambiente que o rodeia. Assim, as funções psicológicas superiores, por serem fruto de um desenvolvimento histórico-cultural, demonstram o quanto a cultura é parte constitutiva da natureza humana.

(...) “O que distingue radicalmente o homem dos animais é justamente o fato de que, além das definições hereditárias e da experiência individual, a atividade consciente do homem tem uma terceira fonte, responsável pela grande maioria dos conhecimentos, habilidades, e procedimentos comportamentais: a assimilação da experiência de toda a humanidade, acumulada no processo da história social e transmitida no processo de aprendizagem. Nesta perspectiva, o desenvolvimento do psiquismo animal é determinado pelas leis da evolução biológica e o do ser humano está submetido às leis do desenvolvimento sócio-histórico” (Rego, 1995, p. 48).

“O homem não vive somente no mundo das impressões imediatas – como os animais – mas também no universo dos conceitos abstratos, já que dispõe, não só de um conhecimento sensorial, mas

também de um conhecimento racional, possui a capacidade de penetrar mais profundamente na essência das coisas do que lhe permitem os órgãos dos sentidos; quer dizer, com a passagem do mundo animal a história humana, dá-se um enorme salto no processo de conhecimento desde o sensorial até o racional”. (Luria, apud Rego, 1995, p. 47).

As características do funcionamento psicológico tipicamente humano não são transmitidas por hereditariedade (portanto não estão presentes desde o nascimento do indivíduo), nem são adquiridas passivamente graças a pressão do ambiente externo. Elas são construídas ao longo da vida do indivíduo através de um processo de interação do homem e seu meio físico social, que possibilita a apropriação da cultura elaborada pelas gerações precedentes, ao longo de milênios. Como afirmou Leontiev: “Cada indivíduo aprende a ser homem. O que a natureza lhe dá quando nasce não lhe basta para viver em sociedade. É-lhe ainda preciso adquirir o que foi alcançado no decurso do desenvolvimento histórico da sociedade humana” (Leontiev, apud Rego, 1995, p. 49).

Assim, Vygotsky, profundamente influenciado pelos postulados marxistas, afirma que as atividades psicológicas mais sofisticadas devem ser procuradas nas relações sociais do indivíduo com o meio externo. Entende que o ser humano não só é um produto de seu contexto social, mas também um agente ativo na criação deste contexto. Acredita que para compreender as formas especificamente humanas é necessário (e possível) descobrir a relação entre a dimensão biológica (os processos naturais, como: a maturação física e os mecanismos sensoriais) e a cultura (mecanismos gerais através do qual a sociedade e a história moldam a estrutura humana. Segundo ele, estão relacionadas ao trabalho social, ao emprego de instrumentos e o surgimento da linguagem. Estas são as ferramentas que foram construídas e aperfeiçoadas ao longo de sua história e fazem a mediação entre o homem e o mundo: através delas, o homem não só domina o meio ambiente como o seu próprio comportamento. (Rego, 1995, p. 49).

Compreender a questão da mediação que caracteriza a relação do homem com o mundo e com os outros homens, é de fundamental importância justamente porque através deste processo que as funções psicológicas superiores, especificamente humanas, se desenvolvem.

Vygotsky distingue dois elementos básicos responsáveis por essa mediação: o instrumento, que tem a função de regular as ações sobre os objetos e o signo, que regula as ações sobre o psiquismo das pessoas. (Rego, 1995, p. 50).

A invenção desses elementos mediadores significou um salto na evolução humana. Vygotsky esclarece que os instrumentos e os signos, embora diferentes estão inteiramente ligados ao longo da evolução da espécie humana e do desenvolvimento de cada indivíduo.

De acordo com Marx, o desenvolvimento de habilidades e funções específicas do homem, assim como a origem da sociedade humana, são resultados do surgimento do trabalho. É através do trabalho que o homem, ao mesmo tempo que transforma a natureza (objetivando satisfazer suas necessidades), se transforma. Para realizar sua atividade, o homem se relaciona com seus semelhantes e fabrica os meios, os instrumentos: “o uso e a criação de meios de trabalho, embora existam em germe em forma animal, caracterizam de forma eminente o trabalho humano.” (Marx, 1972). Isto quer dizer que as relações dos homens entre si e com a natureza são mediadas pelo trabalho.

Segundo Vygotsky (apud Rego, 1995), o instrumento é provocador de mudanças externas pois amplia a possibilidade de intervenção na natureza (na caça, por exemplo, o uso da flecha permite o alcance de um animal distante ou, para cortar uma árvore, a utilização de um objeto cortante é mais eficiente do que as mãos. Diferentes de outras espécies de animais, os homens não só produzem seus instrumentos para a realização de suas tarefas específicas,

como também são capazes de conservá-lo para uso posterior, de preservar e transmitir sua função aos membros de seu grupo, de aperfeiçoar antigos instrumentos e de criar novos.

(...) “A verdadeira essência da memória humana – lembrar, comparar coisas, relatar, escolher, etc., que a distingue dos animais – está no fato de seres humanos serem capazes de lembrar ativamente com a ajuda dos signos” (Vygotsky, apud Rego, 1995, p. 51).

Com o auxílio dos signos o homem pode controlar voluntariamente sua atividade psicológica e ampliar sua capacidade de atenção, memória e acúmulo de informações, como por exemplo amarrar um barbante no dedo para não esquecer uma reunião importante.

Vygotsky dedica particular atenção à questão da linguagem, entendida como um sistema simbólico fundamental a todos os grupos humanos, elaborado no curso da história social, que organiza os signos em estruturas complexas e desempenha um papel imprescindível na formação das características psicológicas humanas. Através da linguagem é possível designar o mundo exterior (como, por exemplo, a palavra faca que designa um utensílio usado na alimentação), ações (como cortar, andar, ferver), qualidades dos objetos (como flexível, áspero) e às que se referem as relações entre os objetos (tais como: abaixo, acima, próximo). (Rego, 1995, p. 53).

O surgimento da linguagem imprime três mudanças essenciais nos processos psíquicos do homem. A primeira se relaciona ao fato de que a linguagem permite lidar com os objetos do mundo exterior mesmo quando eles estão ausentes. Por exemplo, a frase ‘o vaso caiu’ permite a compreensão do evento mesmo sem tê-lo presenciado, pois operamos com esta informação internamente.

A segunda refere-se ao processo de abstração e generalização que a linguagem possibilita, isto é, através da linguagem é possível analisar, abstrair e generalizar as características dos objetos, eventos, situações presentes na realidade. Como, por exemplo “árvore” designa qualquer árvore (independente de seu tamanho, se é frutífera ou não etc.). Nesse caso a palavra generaliza o objeto e o inclui numa determinada categoria. Desse modo a linguagem não somente designa os elementos presentes na realidade mas também fornece conceitos e modos de ordenar o real em categorias conceituais. (Rego, 1995, p. 53).

A terceira está associada à função de comunicação entre os homens que garante, como consequência, a preservação, transformação e assimilação de informações e experiências acumuladas pela humanidade ao longo da história. A linguagem é um sistema de signos que possibilita intercâmbio social entre indivíduos que compartilhem desse sistema de representação da realidade. É justamente por fornecer significados que a linguagem permite a comunicação entre os homens. (Rego, 1995, p. 54).

Desde o nascimento, o bebê está em constante interação com os adultos, que não só asseguram sua sobrevivência mas também medeiam a sua relação com o mundo. Os adultos procuram incorporar a criança à cultura, atribuindo significado às condutas e aos objetos culturais que se formam ao longo da história.

O comportamento da criança recebe influência dos costumes dos objetos de sua cultura urbana ocidental : dorme no berço, usa roupas para aquecer e, mais tarde talheres para comer, sapatos para andar,etc. Inicialmente a relação da criança com o mundo dos objetos é mediada pelos adultos, por exemplo aproximam os objetos que a criança quer apanhar, agitam o brinquedo que faz barulho, alimentam-na com a mamadeira, etc. Com a ajuda de adultos, as crianças assimilam ativamente aquelas habilidades que foram construídas pela história social ao longo de milênios: ela aprende a

sentar, a andar, a controlar os esfíncteres, a falar, a sentar-se à mesa, a comer com talheres, a tomar líquidos em copos, etc. Através das intervenções do adulto e de crianças mais experientes, os processos psicológicos mais complexos começam a se formar. (Rego, 1995, p. 59).

Assim, o desenvolvimento do psiquismo humano é sempre mediado pelo outro, outras pessoas do grupo cultural, que indica, delimita, e atribui significados a realidade. Por intermédio dessas imediações, os membros imaturos da espécie humana vão pouco a pouco se apropriando dos modos de funcionamento psicológico do comportamento e da cultura, enfim, do patrimônio da história da humanidade e de seu grupo cultural. Quando internalizados, esses processos começam a ocorrer sem a intermediação de outras pessoas.

Desse modo, a atividade que antes precisou ser mediada (regulação intersicológica ou atividade interpessoal) passa a constituir-se um processo voluntário e independente (regulação intrapsicológica ou atividade intrapessoal).

Segundo Vygotsky (apud Rego, 1995, p. 61), “desde os primeiros dias do desenvolvimento da criança, suas atividades adquirem um significado próprio num sistema de comportamento social e, e sendo dirigidas a objetivos definidos, são refratados através do prisma do ambiente da criança. O caminho do objeto até a criança e desta até o objeto passa através de outra pessoa. Essa estrutura humana complexa é um produto de um processo de desenvolvimento profundamente enraizado nas ligações entre história individual e história social”.

A partir de sua inserção num dado contexto cultural, e de sua interação com membros de seu grupo e de sua participação em práticas sociais historicamente construídas, a criança incorpora ativamente as formas de comportamento já consolidadas na experiência humana. É importante sublinhar

que a “cultura entretanto não é pensada por Vygotsky como algo pronto, um sistema estático ao qual o indivíduo se submete, mas como uma espécie de “palco de negociações”, em que seus membros estão num constante movimento de recriação e reinterpretação de informações, conceitos e significados”(Oliveira, apud Rego, 1995, p. 61).

Em síntese, na perspectiva vygotskyana o desenvolvimento das funções intelectuais especificamente humanas é mediado socialmente pelos signos e pelo outro. Ao internalizar as experiências fornecidas pela cultura, a criança reconstrói individualmente os modos de ação realizados externamente e aprende a organizar os próprios processos mentais. O indivíduo deixa, portanto de se basear em signos externos e começa a se apoiar em recursos internalizados (imagens, representações mentais, conceitos etc.).

Concordamos com Smolka e Góes (apud Rego, 1995, p. 62), quando afirmam que “o que parece fundamental nessa interpretação da formação do sujeito é que o movimento de individuação se dá a partir das experiências propiciadas pela cultura. O desenvolvimento envolve processos, que se constituem mutualmente, de imersão na cultura e emergência da individualidade. Num processo de desenvolvimento que tem caráter mais revolucionário que de evolução, o sujeito se faz como um ser diferenciado do outro mas formado na relação com o outro: singular, mas constituído socialmente, e, por isso mesmo, numa composição individual mas não homogênea”.

5.3.1 Relações entre pensamento e linguagem

Segundo Vygotsky (apud Rego, 1995, p.63), a conquista da linguagem representa um marco no desenvolvimento do homem: a capacitação específica humana para a linguagem habilita as crianças a providenciarem instrumentos auxiliares nas soluções das tarefas difíceis, a superarem a ação impulsiva, a planejarem a solução para um problema antes de sua execução e a

controlarem seu próprio comportamento. Signos e palavras constituem para a criança, primeiro e acima de tudo, um meio de contato social com outras pessoas.

As funções cognitivas e comunicativas da linguagem tornam-se, então, a base de uma forma nova e superior de atividade nas crianças distinguindo-se dos animais (Vygotsky, apud Rego, 1995). Sendo assim, a linguagem tanto expressa o pensamento da criança, como age como organizadora desse pensamento.

Vejamos como isso se processa:

Tanto nas crianças como nos adultos, a função primordial da fala é o contato social, a comunicação; isto quer dizer que o desenvolvimento é impulsionado pela necessidade de comunicação. Assim, mesmo a fala mais primitiva da criança é social. Nos primeiros anos de vida as expressões faciais ou as primeiras palavras não cumpre somente o alívio emocional como também são meios de contato com os membros de seu grupo, apesar de serem bastante difusas. Vygotsky chamou esta fase de estágio pré-intelectual de desenvolvimento da fala.

Antes de aprender a falar a criança demonstra uma inteligência prática que consiste na sua capacidade de agir no ambiente e resolver problemas práticos, inclusive com auxílio de instrumentos intermediários, por exemplo, é capaz de utilizar um baldinho para encher de areia, mas sem a mediação da linguagem. Segundo Vygotsky “este é o estágio pré-lingüístico do desenvolvimento do pensamento”. (Rego, 1995, p. 64).

Através de inúmeras oportunidades de diálogo, os adultos, que já dominam a linguagem, não só interpretam e atribuem significados aos gestos, posturas, expressões e sons da criança como também a inserem num mundo simbólico de sua cultura. Na medida que a criança interage e dialoga com os membros mais maduros de sua cultura, aprende a usar a linguagem como

instrumento do pensamento e como meio de comunicação. Nesse momento o pensamento e a linguagem se associam, conseqüentemente o pensamento torna-se verbal e a fala racional. (Rego, 1995).

“Ao aprender usar a linguagem para planejar uma ação futura, a criança consegue ir além das experiências imediatas. Esta ‘visão do futuro’ (ausente nos animais) permitem que as crianças realizem operações psicológicas bem mais complexas, passa a poder prever, comparar, deduzir etc”. (Rego, 1995, p. 66).

A característica principal da fala intermediária é que ela acompanha a ação e se dirige ao próprio sujeito da ação. A criança dialoga consigo mesma, planeja em voz alta, antes ou ao longo da realização da tarefa.

Vygotsky (apud Rego, 1995), esclarece que as características da função planejadora, da fala a partir de uma interessante analogia com a fala das crianças enquanto desenham. As crianças menores tendem a nomear seus desenhos somente após realizá-los e vê-los. A decisão do que serão é assim, posterior à atividade. Uma criança mais velha nomeia o seu desenho quando este já está quase pronto e, mais tarde, decidem previamente o que desenharão. Nesse caso, a fala é anterior à atividade e, portanto dirige a ação. Quando a fala se desloca para o início da atividade, uma nova relação entre fala e ação se estabelece.

O domínio da linguagem promove mudanças radicais na criança, principalmente no seu modo de se relacionar com o meio, pois possibilita novas formas de comunicação com os indivíduos e de organização de seu modo de agir e pensar.

5.3.2 Aquisição da linguagem escrita

Vygotsky afirma que não é somente através da aquisição da linguagem falada que o indivíduo adquire formas mais complexas de se relacionar com o mundo que o cerca. O aprendizado da linguagem escrita representa um novo e considerável salto no desenvolvimento da pessoa. Algumas pesquisas demonstraram que este processo ativa uma fase de desenvolvimento dos processos psicointelectuais inteiramente nova e muito complexa, e que o aparecimento destes processos origina uma mudança radical das características gerais, psicointelectuais da criança.

“O domínio deste sistema complexo de signos fornece um novo instrumento de pensamento, na medida que aumenta a capacidade de memória, registo de informações etc., propicia diferentes formas de organização a ação e permite um outro tipo de acesso ao patrimônio da cultura humana, que se encontra registrado nos livros e outros portadores de textos. Enfim, promove modos diferentes e ainda mais abstratos de pensar, se relacionar com as pessoas e com o conhecimento.” (Vygotsky, apud Rego, 1995, p. 68).

Partindo do pressuposto, Vygotsky faz importantes críticas à visão, presente tanto na Psicologia como na Pedagogia, que considera o aprendizado da escrita apenas como habilidade motora: Ensina-se as crianças a desenhar letras e construir palavras com elas, mas não se ensina a linguagem escrita. Enfatiza-se a de tal forma a mecânica de ler o que está escrito que acaba obscurecendo a linguagem escrita como tal. (Vygotsky, apud Rego, 1995).

O aprendizado da escrita, esse produto cultural construído ao longo da humanidade, é entendido por Vygotsky como um processo bastante complexo, que é iniciado para a criança “muito antes da primeira vez que o professor

coloca um lápis em sua mão e mostra como formar as letras”(Vygotsky, L. S., et. al. apud, Rego,1995, p. 69).

A complexidade desse processo está associada ao fato de a escrita ser um sistema de representação da realidade extremamente sofisticado, que se constitui num conjunto de “símbolos de Segunda ordem, os símbolos escritos funcionam como designações de símbolos verbais”. A compreensão da linguagem escrita é efetuada primeiramente, através da linguagem falada: no entanto, gradualmente essa via é reduzida, abreviada, e a linguagem falada desaparece como elo intermediário. (Vygotsky, apud Rego 1995, p. 69).

Sendo assim , o aprendizado da linguagem escrita envolve a elaboração de um sistema de representação simbólica da realidade. É por isso que ele identifica uma espécie de continuidade entre diversas atividades simbólicas: os gestos, o desenho e o brinquedo. Em outras palavras, as atividades contribuem para o desenvolvimento da representação simbólica, onde signos representam significados, e, conseqüentemente, para o processo de aquisição da linguagem escrita.

Considerando a importância do domínio da linguagem escrita para o indivíduo, Vygotsky enfatiza a necessidade de investigações que procurem desvendar a gênese da escrita, o caminho que a escrita percorre para aprender a ler e a escrever, particularmente antes que se submeta ao ensino sistemático desta linguagem na escola:”A primeira tarefa da investigação científica é revelar essa pré história da linguagem escrita; mostrar o que leva as crianças a ler e escrever, mostrar os pontos importantes pelos quais passa esse desenvolvimento pré-histórico e qual sua relação com o aprendizado escolar” (Vygotsky, apud Rego, 1995, p. 69).

5.3.3 Interação entre aprendizado e desenvolvimento: a zona de desenvolvimento proximal

Se tivéssemos que resumir em uma frase a contribuição de Vygotsky no que diz respeito à relação entre aprendizagem e desenvolvimento poderíamos dizer que “a boa aprendizagem é somente aquela que precede ao desenvolvimento”. (Vygotsky, apud Miguet et al 1998, p.113).

Aprendizagem e desenvolvimento são dois processos que estão inter-relacionados desde o nascimento da criança. Nas tentativas de esclarecer as leis de aprendizagem das pessoas e sua relação com o desenvolvimento, Koffka centrou-se em aprendizagens mais simples, quer dizer, as produzidas no período pré-escolar. Ele assegura que a diferença entre aprendizagem escolar e pré-escolar é a “sistematização”: a primeira é sistematizada e a segunda não é. Vygotsky introduz esta formulação de Koffka, a qual servirá para introduzir a explicação de relação entre aprendizagem e desenvolvimento: a zona de desenvolvimento próximo. (Miguet et al, 1998, p. 113).

Costuma-se ter como norma que a aprendizagem deveria igualar-se ao nível evolutivo da criança, e em virtude disto se estabelecem etapas para o início da leitura, a escrita, etc. Também existe a suposição de que somente é indicativo de capacidade aquilo que ela pode fazer sozinha. No entanto, Vygotsky indica que, se desejamos averiguar a relação entre o processo evolutivo e as aptidões de aprendizagem teremos que delimitar ao menos dois níveis evolutivos; o “nível evolutivo real”, ou “nível de desenvolvimento das funções mentais de uma criança”, estabelecido como resultado de determinados ciclos levados a cabo” (Vygotsky, apud Miguet 1998, p.113), quer dizer, aquilo que a criança é capaz de fazer por si mesma; e um segundo nível evolutivo, que estaria delimitado por todas aquelas atividades que sem as poder realizar por si mesma, é capaz de levá-las ao resultado ao ser ajudada. Vygotsky afirma que “(...) aquilo que as crianças podem realizar com a ajuda de outros pode ser mais indicativo de seu desenvolvimento mental do que o que podem fazer por si mesmas.”

Uma vez estabelecida os dois níveis evolutivos, Vygotsky, define a “zona de desenvolvimento próximo” como a “distância entre o nível real de desenvolvimento , determinado pela capacidade de resolver independente um problema, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da resolução de um problema sob orientação de um adulto ou em colaboração com outro colega mais capaz.”

Enquanto o nível de desenvolvimento define as funções que já estão maduras, quer dizer os produtos finais de desenvolvimento, a zona de desenvolvimento próximo define “aquelas funções que ainda não tenham madurecido, porém que se encontram em processo de maturação, funções em que um amanhã próximo alcançarão seu amadurecimento e que agora se encontram em estado embrionário” (Vygotsky, apud Miguet et al, 1998, p. 114).

Deve-se sublinhar a importância do conceito de ZDP, como uma ferramenta intelectual que nos possibilita, por um lado, compreender o desenvolvimento interno da pessoa e, por outro lado, realizar previsões a respeito das funções que estarão maduras em um futuro próximo, sendo um conceito suscetível de aumentar a efetividade e utilidade de aplicação de diagnóstico de desenvolvimental dos problemas educacionais (Vygotsky, apud Miget et al, 1998).

Também Vygotsky nos convida a reformular o que a papel da imitação desempenha na aprendizagem. Levando em conta o seu conceito de ZDP, sustenta que a pessoa só pode imitar aquilo que esteja dentro dos limites das funções, que esteja maturando nesse momento. Nas palavras de Vygotsky, “uma pessoa pode imitar somente aquilo que está presente no interior de seu nível evolutivo”(Vygosty, apud Miguet at al. 1998); quer dizer, se podem imitar ações que necessitem colocar em ação funções que excedam o limite das capacidades já consolidadas. Isso adquire uma dimensão particular dentro do contexto no qual Vygotsky desenvolveu sua obra devido ao fato da aprendizagem humana pressupor uma natureza social específica e um processo, mediante o qual a criança acendem à vida intelectual daqueles que lhe rodeiam.

Portanto, podemos concluir dizendo que para Vygotsky “a boa aprendizagem é somente aquela que precede ao desenvolvimento”, quer dizer que “os processos evolutivos não coincidem com os processos de aprendizagem”, mas que “o processo evolutivo é puxado pelo processo de aprendizagem” (Vygotsky, 1984, p.139), ainda que com isto Vygotsky não esteja afirmando a identidade de ambos os processos, mas sim sua “unidade”; quer dizer a aprendizagem vai transformando-se em desenvolvimento. É por isso que um dos conceitos-chave dentro da teoria de Vygotsky é o conceito de internalização, já que para alcançar as metas individuais, é preciso passar previamente por um processo de aprendizagem que se deve internalizar. Desta maneira, “a instrução da zona de desenvolvimento proximal estimula a atividade da criança, desperta e coloca em funcionamento toda uma série de processo de desenvolvimento” que uma vez internalizados, se transformam em parte das funções que a criança pode realizar por si mesma (Miguet et al, 1998, p.115).

“A aquisição da linguagem fornece um paradigma para o problema da relação entre a aprendizagem e o desenvolvimento. A linguagem surge primeiramente, como um meio de comunicação entre a criança e as pessoas ao se redor. Somente mais tarde, ao transforma-se em linguagem interna, ela contribui para organizar o pensamento da criança, quer dizer, transformar-se em função mental interna.”(Vygotsky, apud Miguet et al,1998, p.116).

Dentro da concepção vygotskyana da autoconstrução da pessoa, Vygotsky define a internalização como “a reconstrução interna de uma operação externa.”(Miguet et al, 1998, p. 116).

Na explicação do que se supõe internalização, Vygotsky (apud Miguet et al, 1998, p. 116), nos diz que tal processo consiste em uma série de transformações:

- Uma operação que inicialmente representa uma atividade externa se reconstrói e começa a acontecer internamente.
- Um processo interpessoal fica transformado em outro intra-pessoal.

- A transformação de um processo interpessoal em um processo intrapessoal é o resultado de uma longa série de acontecimentos evolutivos.

Qualquer função ou operação no desenvolvimento da pessoa aparece em dois níveis: primeiro na esfera social (entre as pessoas, como categoria interpsicológica), e depois na esfera psicológica (dentro de cada pessoa, como categoria intrapsicológica).

Os instrumentos através dos quais o processo de internalização é levado a cabo são os signos; nas palavras de Vygotsky (apud Miguet et al, 1998, p. 117), “a internalização das formas culturais de conduta implica na reconstrução da atividade psicológica com base nas operações com signos”.

Como podemos ver, para Vygotsky, a internalização é um processo que envolve a transformação de fenômenos sociais em fenômenos psicológicos superiores situa-se, na teoria de Vygotsky, na relação entre seres humanos, a qual ressalta a importância da interação com outros e a utilização de códigos lingüísticos no desenvolvimento de conceitos e na configuração da estrutura mental; quer dizer, o desenvolvimento da pessoa deve estar mediado e estimulado pela interação social. Porém nem toda interação social é geradora de aprendizagem, somente aquela que se situa nos limites das zonas real e potencial de desenvolvimento. Tal questão implica o conceito de “desajuste ótimo” que complementa a tese piagetiana. A idéia essencial do destaque dado à natureza interativa do processo de construção do conhecimento é que, se o conteúdo que o sujeito vai aprender está essencialmente acima de suas possibilidades de lhe dar significado ou está totalmente ajustado a tais necessidades, não se produz desequilíbrio, ficando bloqueada a possibilidade de mudança.

O contato da criança com a realidade se produz através de agentes culturais que intermediam esse contato. No caso da aula, a mediação é um processo de “transvase” de informação a partir de um sistema de representação, o professor, com um conteúdo, uma estrutura informativa e um código, a outro sistema de representação, o aluno que processa ativamente tal informação. A mediação se produz, em primeiro lugar, fora do aluno por meio de agentes culturais que imediatizam o contato deste aluno com a

realidade, agentes culturais que atuam como mediadores externos ao resumir, valorizar e interpretar a informação ao transmitir. O aluno capta e interioriza a informação relacionando-a e interpretando-a mediante a utilização de estratégias de processamento que atuam como mediadores internos.

Neste processo de internalização:

- aluno dá sentido, significado a informação;
- aluno extrai a regra, o princípio, a estrutura que subjaz em tal informação;
- o aluno contribui com experiências prévias, aprendizagens anteriores que recria e que geram nova informação.

Podemos ver que existe um duplo processo na aparição das funções psicológicas: um processo de mediação externa, que implica uma interação social, e um processo de mediação interna, que tem lugar no plano mental e que se produz mediante a utilização de estratégias de processamento. Este duplo processo é conhecido como a “lei da dupla função”.

É preciso lembrar que todo este processo de internalização encontra-se em um contexto sócio-cultural determinado, já que a atividade cognitiva da pessoa se realiza dentro de um contexto que, por um lado, proporciona informações e ferramentas para desenvolver-se no mundo, e, por outro lado, tal contexto sócio-cultural “controla” o processo de acesso a esta informação e as estas ferramentas cognitivas (La Casa e Herranz, apud Miguet et al. 1998, p.119).

Temos que destacar a importância do adulto no desenvolvimento da criança, já que a interação com os adultos, em maior medida, aprende-se o instrumento que vai permitir o posterior desenvolvimento: A linguagem.

Levando em conta que a linguagem é, para Vygotsky, tanto um meio de comunicação como um instrumento para construir a estrutura cognitiva que possibilita

o controle da conduta, concebemos o papel do adulto como o de um facilitador que ajuda a criança em seus processos de decodificação e comunicação, já que “as crianças começam a regular sua atividade quando são capazes de usar por si mesmas, em um âmbito intrapsicológico, aqueles instrumentos de caráter simbólico que utilizavam mediatizados pelos adultos”. (La Casa e Herronz, apud Miguet et al, 1998, p.119).

Para finalizar esta parte indicando que, ao abordar o conceito de internalização na teoria de Vygotsky, não podemos esquecer uma referência ao que se tem denominado a ‘lei da dupla função’, quer dizer, ao ‘processo único’ que a pessoa desenvolve na formação de suas funções psicológicas superiores através da mediação externa, a qual implica uma interação social, e da mediação interna, através da qual vai construindo-se a estrutura cognitiva. (Miguet. et al,1998).

5.3.4 O processo de formação de conceitos e o papel desempenhado pelo ensino escolar

Este é um tema de extrema importância nas posições de Vygotsky, pois integra e sintetiza suas teses acerca do desenvolvimento humano: as relações entre pensamento e linguagem, o papel mediador da cultura na construção do modo de funcionamento psicológico do indivíduo e o processo de internalização de conhecimentos e significados elaborados socialmente.

Na perspectiva vygotskyana, os conceitos são entendidos como um sistema de relações e generalização contidos nas palavras e determinado por um processo histórico cultural: são construções culturais, internalizadas pelos indivíduos ao longo de seu processo de desenvolvimento. Os atributos necessários e suficientes para definir um conceito são estabelecidos por características dos elementos encontrados no mundo real, selecionados como relevantes pelos diversos grupos culturais. É o grupo onde o indivíduo se desenvolve que vai lhe fornecer, pois, o universo de significados que

ordena o real em categorias conceituais, nomeadas por palavras da língua desse grupo. (Oliveira, apud Rego, 1995).

De acordo com Vygotsky, o desenvolvimento e a aprendizagem são inter-relacionados desde o nascimento da criança. Como já mencionamos, desde muito pequenas, através do meio físico social, as crianças realizam uma série de aprendizagens. No seu cotidiano, observando, experimentando, imitando e recebendo instruções das pessoas mais experientes de sua cultura, aprende a fazer perguntas e também a obter respostas para uma série de questões. Como membro de um grupo sócio-cultural determinado, ela vivencia um conjunto de experiências e opera sobre todo o material cultural (conceitos, valores, idéias, objetos concretos, concepção de mundo etc.) a que tem acesso. Deste modo muito antes de entrar na escola, já constitui uma série de conhecimentos do mundo que a cerca. Por exemplo, antes de estudar matemática na escola, a criança já teve experiências com quantidade, e portanto já lidou com noções matemáticas. No entanto, ao ingressar na escola, um outro tipo de conhecimento se processa.

Para explicar o papel da escola no processo de desenvolvimento do indivíduo, Vygotsky faz uma importante distinção entre os conhecimentos construídos na experiência pessoal, concreta e cotidiana das crianças, que ele chamou de conhecimentos cotidianos ou espontâneos e aqueles elaborados em sala de aula, adquiridos por meio do ensino sistemático, que chamou de conceitos científicos.

Os conceitos cotidianos ou espontâneos referem-se àqueles conceitos construídos a partir da observação, manipulação e vivência direta da criança. Por exemplo a partir de seu dia-a-dia, a criança pode construir o conceito “gato”. Essa palavra resume e generaliza as características deste animal (não importa o tamanho, a raça, a cor etc.) e o distingue de outras categorias tal como livro, estante, pássaro. Os conceitos científicos se relacionam àqueles eventos não diretamente acessíveis à observação ou ação imediata da criança: são os conhecimentos sistematizados, adquiridos nas interações escolarizadas. Por exemplo na escola (provavelmente na aula de ciências), o conceito “gato” pode ser ampliado e tornar-se ainda mais abstrato e

abrangente. Será incluído num sistema conceitual de abstrações graduais, com diferentes graus de generalização: gato, mamífero, vertebrado, animal, ser vivo constitui uma série de palavras que, partindo do objeto concreto “gato” adquire cada vez mais abrangência e complexidade. (Rego, 1995, p. 77).

Apesar de diferentes os dois tipos de conceito estão intimamente relacionados e se influenciam mutuamente, pois fazem parte, na verdade, de um mesmo processo: o desenvolvimento da formação de conceitos. “Frente ao conhecimento sistematizado desconhecido, a criança busca significá-lo através de sua aproximação com outros já conhecidos, já elaborados e internalizados. Ela busca enraizá-lo na experiência concreta. Do mesmo modo, um conceito espontâneo nebuloso, aproximado a um conceito sistematizado, coloca-se num quadro de generalização.”(Fontana, apud Rego, 1995, p. 78).

Um processo de formação de conceitos, fundamental no desenvolvimento dos processos psicológicos superiores, é longo e complexo, pois envolve operações intelectuais dirigidas pelo uso das palavras (tais como: atenção deliberada, memória lógica, abstração, capacidade para comparar e diferenciar).

Para aprender um conceito é necessário além das informações recebidas do exterior, uma intensa atividade mental por parte da criança. Portanto um conceito não é aprendido por meio de um treinamento mecânico, nem tampouco pode ser transmitido pelo professor ao aluno: “o ensino direto de conceitos é impossível e infrutífero. Um professor que tenta fazer isso geralmente não obtém qualquer resultado, exceto o verbalismo vazio, uma repetição de palavras pela criança, semelhante a um papagaio, que simula um conceito de conhecimento dos conhecimentos correspondente, mas que na realidade oculta um vácuo” (Vygotsky, apud Rego, 1998, p. 78).

Segundo Vygotsky (1987), “as formas de atividades típicas do adulto (pensamento conceitual) estão embrionariamente presentes no pensamento infantil.” O desenvolvimento dos processos, que finalmente resultam na formação de conceitos, começa na fase mais precosa da infância, mas as funções intelectuais que, numa

combinação específica, formam a base psicológica do processo de formação de conceitos amadurece, se configura e se desenvolve somente na puberdade. (Rego, 1995, p. 78).

Vygotsky ressalta, no entanto, que, se o meio ambiente não desafiar, exigir e estimular o intelecto do adolescente, esse processo poderá se atrasar ou mesmo não se completar, ou seja, poderá não conquistar estágios mais elevados de raciocínio. “Isto quer dizer que o pensamento conceitual é uma conquista que depende não somente do esforço individual, mas principalmente do contexto em que o indivíduo se insere, que define, aliás, seu ponto de chegada.” (Rego, 1995, p. 79).

Na perspectiva vygotskyana, embora os conceitos não sejam assimilados prontos, o ensino escolar desempenha um papel importante na formação dos conceitos de um modo geral e dos científicos em particular. A escola propicia às crianças um conhecimento sistemático sobre aspectos que não estão associados ao seu campo de visão ou vivência direta (como no caso dos conceitos espontâneos). Possibilita que o indivíduo tenha acesso ao conhecimento científico construído e acumulado pela humanidade. Por exemplo operações que exigem consciência e controle deliberado, permite ainda que as crianças se conscientizem dos próprios processos mentais (processos metacognitivos). (Rego, 1995).

Podemos concluir que, desse ponto de vista, o aprendizado escolar exerce significativa influência no desenvolvimento das funções psicológicas superiores, justamente na fase em que elas estão em amadurecimento.

5.3.5 Algumas implicações educacionais da abordagem Vygotskyana

A obra de Vygotsky pode significar uma grande contribuição para a área da educação, na medida em que traz importantes reflexões sobre o processo de formação das características tipicamente humanas e, como consequência, suscita questionamentos, aponta diretrizes e instiga a formulação de alternativas no plano pedagógico. (Miguet et al, 1998).

- A partir da teoria de Vygotsky a aprendizagem é concebida como o motor de desenvolvimento, o que implica a importância do processo de aprendizagem, já que será ele que vai condicionar a maneira na qual a pessoa vai se configurar.
- Por causa da função que Vygotsky atribui a aprendizagem, os processos educativos adquirem especial importância e são concebidos como a “facilitação externa e mediadores para sua internalização” (Pozo, 1989, p.198). A partir desta afirmação se pode deduzir que o trabalho do educador deve ser o de potencializar todas as ações que ajudem a criança a dispor de ferramentas que lhe permitam a autoconstrução.
- A teoria de Vygotsky e mais especificamente, seu conceito de zona de desenvolvimento proximal, nos apresenta como um instrumento para compreender o desenvolvimento interno da criança, quer dizer, nos permite formar uma representação de como chegam a consolidar-se os processos psicológicos internos através do processo de aprendizagem e da internalização do mesmo.
- Vygotsky nos apresenta um processo evolutivo que podemos caracterizar por sua “unidade” e por sua “dinamicidade”. Unidade enquanto a pessoa é concebida globalmente, como um ser único no qual se produzem uma série de aprendizagens e experiências; dinamicidade, enquanto é um processo em contínua transformação.
- Outra das contribuições de Vygotsky centra-se no que se refere a utilidade diagnóstica do conceito de “Zona de Desenvolvimento Proximal”, quer dizer com base no nível potencial de desenvolvimento de uma pessoa (e em seu nível real de desenvolvimento), pode estabelecer-se tanto o diagnóstico do seu estado evolutivo nesse momento como um prognóstico a respeito do futuro próximo de tal estado. Devemos lembrar aqui a crítica estabelecida por Vygotsky em relação aos testes que tentando “medir” o desenvolvimento mental de uma pessoa, o fazem somente com base naquelas funções que já estão amadurecidas e que o sujeito pode desempenhar por si mesmo. Tal tipo de “mediação” é, a partir da teoria vygotskyana, uma interpretação pouco válida do processo evolutivo, já que se dedica estudar “fatos

consumados” ou “condutas fossilizadas”, nas palavras de Vygotsky, em vez de preocupar-se com as funções que estão amadurecendo neste momento. É por isso que Vygotsky, contrariamente à posição segundo a qual somente a atividade independente da criança é indicativa de seu nível de desenvolvimento mental, aponta a importância das atividades que ela pode realizar com ajuda, já que estas são mais indicativas do estado evolutivo da pessoa.

- Se a aprendizagem é concebida como o motor do desenvolvimento e deve centrar-se nas funções que estão amadurecendo, teremos que afirmar a ineficácia das atividades de aprendizagem que estejam dirigidas a níveis educativos já alcançados, já que se deve alcançar aquilo que ainda não se tem, porque “o que já se sabe não se pode aprender”
- A posição, na qual fica a imitação dentro da teoria de Vygotsky, nos convida a potencializar o trabalho em grupo como uma possível fonte de aprendizagem. Não que seja Vygotsky quem formule a importância desta maneira de trabalhar, mas sua teoria pode nos servir como justificção teórica das atividades realizadas em grupo, já que podem facilitar, mediante o contexto com outras pessoas, que se dê continuidade ao amadurecimento de funções mentais.
- Toda ação educativa tem que se integrar a dois princípios básicos da teoria vygotskyana; a lei da dupla função e a zona de desenvolvimento proximal, já que a mediação através da interação social possibilita o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores como resultado intrapessoal de processos interpessoais. Contudo, como não é qualquer interação que produz desenvolvimento, deve-se insistir em que as interações educativas se dêem dentro da zona de desenvolvimento proximal, através da definição de situações de interação adequadas que possibilitem a “colocação de andaimes ideacionais e operacionais”.
- Temos que levar em conta que a teoria de Vygotsky a respeito da relação entre os processos de aprendizagem e os processos de desenvolvimento apresenta-se a nós, educadores, como um princípio teórico que pode guiar nossa prática quando

desenhamos nossa atividade educativa, assim como uma ferramenta que nos facilita a compreensão das atividades da criança no processo de ensino e aprendizagem. (Miguet et al, 1998, p. 126).

A qualidade e a originalidade do pensamento de Vygostky é inegável, assim como suas contribuições no plano educacional, já que sugere um novo paradigma que possibilita um modo diferente de olhar a escola, o conhecimento, a criança, o professor e até a sociedade. Todavia a educação escolar não pode querer se alimentar única e exclusivamente de seus princípios, já que esta abordagem (assim como as demais correntes teóricas da Psicologia) não tem condições de dar respostas a todas as inúmeras questões suscitadas na prática cotidiana.

A educação, por ser uma intervenção na realidade social, é um fenômeno multifacetado composto por um complexo de perspectivas e enfoques. Não pode, portanto, ser considerada como uma ciência isolada nem tão pouco aprendida mediante categorias de um único campo epistemológico, já que várias disciplinas autônomas convergem para a constituição de seu objeto. Ou seja, a prática pedagógica é influenciada por múltiplas dimensões: social, política, filosófica, ética, técnica, histórica etc., e, dentre essas a dimensão psicológica (Severno, apud Rego 1995, p. 124).

Apesar da psicologia não dar conta sozinha da complexidade do ato educativo, pode significar uma contribuição efetiva para melhorias no plano pedagógico. Respeitando as devidas limitações, os estudos psicológicos para a compreensão das características psicológicas e sócio-culturais do aluno e de como se dão as relações entre aprendizado, desenvolvimento e educação.

Por isso é necessário que o educador tenha informações de diversas áreas do conhecimento e, dentro da psicologia as diversas teorias já elaboradas. Sendo assim, não é o caso de ter que fazer, por exemplo uma escolha entre a obra de Vygotsky, a do biólogo e epistemológico suíço Jean Piaget, ou do médico, psicólogo e educador francês Henri Wallon, já que as diferentes perspectivas apontadas por cada um desse

pesquisadores pode significar um fator de enriquecimento no esforço de aprimoramento da prática pedagógica.

Tratar os postulados de Vygotsky de modo dogmático contraria inclusive a sua forma de encarar o conhecimento, já que foi um pensador inquieto e interdisciplinar, que tentou buscar informações de diversas áreas do conhecimento com vistas a ultrapassar o estado de conhecimento de seu tempo. Ser coerente com suas proposições, significa, portanto entender suas idéias não como ponto de chegada mas sim como de partida para novos estudos e descobertas. (Rego, 1995, p. 126).

5.4 A construção humana através da aprendizagem significativa:

David Ausubel

Entre as teorias cognitivas de aprendizagem, a proposta de Ausubel (1973; Ausubel, Novak e Hanesian,1978; Novak,1977;Novak e Gowin,1984), é especialmente interessante, após a teoria de Vygotsky, já que está centrada na aprendizagem produzida em um contexto educativo isto é, num marco de uma situação de interiorização ou assimilação, através da instrução. Além disso, a teoria de Ausubel ocupa-se especialmente dos processos de aprendizagem/ensino dos conceitos científicos a partir dos conceitos previamente formados pela criança em sua vida cotidiana.

Na terminologia de Vygotsky diríamos que Ausubel desenvolve uma teoria a respeito da interiorização ou assimilação, através da instrução, dos conceitos verdadeiros, que são construídos a partir de conceitos previamente formados ou “descobertos” pela criança em seu meio. Da mesma maneira que outras teorias organicistas – ou verdadeiramente construtivista – Ausubel acentua sua teoria de organização do conhecimento em estruturas que são produzidas devido à interação entre tais estruturas presentes no sujeito e a nova informação. Porém diferentemente de outras posições organizacionistas, como a de Piaget ou a da própria Gestalt, Ausubel acredita, da mesma forma que Vygotsky, que, para que tal reestruturação aconteça, é preciso uma instrução formalmente estabelecida, na qual esteja presente de maneira organizada e explícita a informação que deve desequilibrar as estruturas existentes. A

diferenciação entre a aprendizagem e o ensino é justamente o ponto de partida da teoria de Ausubel. (Pozo,1998, p. 209).

Ainda que não nos possamos ocupar aqui das estratégias de ensino, a distinção entre aprendizagem e ensino supõe a velha e falsa dicotomia entre o ensino tradicional e o inapropriamente denominado “ensino ativo”, dicotomia sustentada da diferenciação entre processos de aprendizagem e estratégias de ensino.

Ausubel mostra que, ainda que a aprendizagem e a instrução interatuem, são relativamente independentes, de tal maneira que determinadas formas de ensino não conduzem forçosamente a um determinado tipo de aprendizagem. Mais especificamente, tanto a aprendizagem significativa quanto a aprendizagem mnemônica são possíveis em ambos os tipos de ensino, o receptivo (expositivo) e o ensino por descobrimentos (ou pesquisa).

Ausubel diferencia entre aprendizagem mnemônica e significativa. Segundo Ausubel, uma aprendizagem é significativa quando “pode relacionar-se de uma maneira arbitrária e substancial (não ao pé da letra) com o que o aluno já sabe” (Ausubel, Novake Hanesian, 1978, p. 37). Em outras palavras uma aprendizagem é significativa quando pode ser incorporada às estruturas de conhecimento que possui o sujeito, isto é quando o novo material adquire significado para o sujeito, a partir de sua relação com conhecimentos anteriores. Para tanto é necessário que a matéria a ser aprendida possua um significado em si mesma, ou seja, que exista uma relação não arbitrária ou simplesmente associativa entre suas partes. Adicionalmente, porém, é necessário que o aluno disponha dos requisitos cognitivos necessários para assimilar esse significado.

A aprendizagem mnemônica ou por repetição é aquela que os conteúdos estão relacionados entre si de maneira arbitrária, ou seja, carecendo de qualquer significado para a pessoa que aprende.

Além das diferenças cognitivas, ambas as extremidades do contínuo de aprendizagem se diferenciam também pelo tipo de motivação que estimulam e pelas atitudes do aluno diante da aprendizagem.

Apresentar-se-á, a seguir, a diferença entre a aprendizagem significativa e a aprendizagem mnemônica:

Aprendizagem significativa

- Incorporação substantiva, não arbitrária e não verbal, de novos conhecimentos à estrutura cognitiva.
- Esforço deliberado para relacionar os novos conhecimentos com conceitos de nível superior, já existentes na estrutura cognitiva.
- Aprendizagem relacionada com experiências, fatos ou objetos.
- Envolvimento afetivo para relacionar os novos conhecimentos com aprendizagens anteriores.

Aprendizagem mnemônica:

- Incorporação não substantiva, arbitrária e verbal, de novos conhecimentos à estrutura cognitiva.
- Nenhum esforço para integrar os novos conhecimentos a conceitos já existentes na estrutura cognitiva.
- Aprendizagem não relacionada com experiências, fatos e objetos.
- Nenhuma implicação efetivamente relacionando aos novos conhecimentos às aprendizagens anteriores.

É evidente que ao estabelecer tal distinção, Ausubel está assinalando que a aprendizagem das estruturas conceituais envolve uma compreensão das mesmas, e que tal compreensão não pode ser alcançada somente por procedimentos associativos (ou mnemônicos). No entanto, Ausubel admite que, em muitos momentos da aprendizagem escolar ou extra escolar, podem existir aspectos mnemônicos. A aprendizagem mnemônica, porém, vai perdendo gradativamente sua importância à medida que a criança adquire mais conhecimentos, já que ao aumentar tais conhecimentos se facilita o estabelecimento de relações significativas com qualquer material (por exemplo, a aprendizagem do vocabulário de uma segunda língua não será exclusivamente mnemônica, já que pode basear-se em relações de significado estabelecidas já na língua

materna). Em qualquer caso, segundo Ausubel, a aprendizagem significativa será geralmente mais eficaz do que a aprendizagem mnemônica. Essa maior eficácia se deveria às três vantagens essenciais da compreensão ou assimilação em relação à repetição: produzir uma retenção mais duradoura de informação, facilitar novas aprendizagens vinculadas e produzir mudanças profundas – ou significativas – que persistem além do esquecimento dos detalhes concretos. Em troca, a aprendizagem mnemônica somente será superior no caso – extremamente freqüente – de que a avaliação da aprendizagem precise de uma lembrança literal da original. (Novak, apud Pozo, 1998).

Devemos lembrar que os tipos de aprendizagem constituiriam um contínuo e não uma simples dicotomia, razão pela qual a aprendizagem mnemônica e a significativa não são excludentes, mas podem coexistir. No entanto, a teoria de Ausubel dedica-se exclusivamente a analisar como se produz a aquisição de novos significados, sendo a repetição ou a memorização somente levada em conta na medida em que possa interferir nessa aquisição.

Logo, quando se produz aprendizagem significativa? Segundo Ausubel (1982), para que aconteça uma aprendizagem significativa é necessário que, tanto o material que se deve aprender como o sujeito que o deve aprender, satisfaçam determinadas condições. Em relação ao material, é necessário que seja arbitrário, isto é, que possua significado em si mesmo. Um material possui significado lógico ou potencial se seus elementos estão organizados e não somente sobrepostos. É difícil que se possa aprender significativamente aqueles materiais que não têm significado. Contudo há décadas, o estudo da aprendizagem humana, nos laboratórios de psicologia se baseia em materiais sem significado, como sílabas ou dígitos sem sentido. Para que exista aprendizagem significativa, o material deve estar composto por elementos "organizados" em uma estrutura de tal forma que as diferentes partes dessa estrutura se relacionem entre si de maneira não arbitrária.

Porém, nem sempre os materiais estruturados com lógica são aprendidos significativamente. Para tanto é necessário, além disso, que se cumpram outras

condições nas pessoas que devem aprendê-los. Em primeiro lugar é necessária uma *pré-disposição* para aprendizagem significativa. Tendo em vista que compreender requer sempre um esforço, a pessoa deve ter algum motivo para esforçar-se, caso contrário limita-se a repetir a matéria, sem estabelecer relações, não havendo aprendizagem significativa. Uma das razões pela qual se desenvolve nos alunos uma predisposição para aprendizagem repetitiva em relação a materiais potencialmente significativos consiste em que, as respostas substancialmente corretas precisam ter correspondência literal com o que lhes foi ensinado, caso contrário, não são válidas para alguns professores. (Pozo, 1998, p. 213).

5.4.1 Suporte teórico dos mapas conceituais à luz de Ausubel, Novak e Gowin.

Para que tal processo de intervenção não se transforme em algo repetitivo e passivo, é necessário que se cumpram duas condições importantes: *a significação da aprendizagem* e a *resposta ativa ou participação do sujeito na produção dos resultados da aprendizagem para integrar a informação e responder de maneira mais auto-estruturante*. Precisamente estas duas idéias se descobrem na base da teoria importante a respeito da construção humana, a da “assimilação ou das organizações formais” de Ausubel, que, em princípio podemos dizer que tenta explicar a construção intelectual do sujeito em função da utilização dos conceitos como organizadores da nova informação que adquire significado para o sujeito e contribui para que se consolide e desenvolva a estrutura cognoscitiva já existente. Esta idéia é a base da aprendizagem significativa, um dos suportes básicos, junto a estrutura cognitiva e os conceitos inclusores, da teoria de Ausubel (Miguet et al, 1998).

A estrutura cognitiva é um sistema de conceitos organizados hierarquicamente que são representações que o indivíduo faz de experiência sensorial. Mediante o processo de assimilação se produz um incremento quantitativo e qualitativo da estrutura cognitiva existente, tanto em nível de conteúdos como em nível de organização, o que

faz com que ela seja um dos elementos da aprendizagem significativa. Para que isto seja possível, é necessário que aquela estrutura cognitiva possua uma série de características e ou propriedades sem as quais não é possível a inclusão de conceitos. Estamos nos referindo à clareza – ausência de confusão entre os conceitos – à estabilidade ou permanência dos conceitos na estrutura – ausência de perda ou esquecimento – e à organização que facilita a generalização, a inclusão, a coesão, e a discriminação, quer dizer, que os conceitos que formam a estrutura cognitiva sejam acessíveis para relacioná-los com as novas aprendizagens. (Miguet et al, 1998, p. 138).

Desta maneira, podemos dizer que a estrutura cognitiva é, ao mesmo tempo variável dependente e independente.

No que diz respeito as variáveis da estrutura cognitiva, Ausubel diferencia entre as propriedades do conhecimento total de um sujeito, que influenciarão a longo prazo em seu posterior rendimento dentro da mesmo (a transferência lateral de Gagné (1970), e as propriedades de organização imediata de conceitos da estrutura cognitiva, que incidem a curto prazo na aprendizagem de conceitos novos (a transferência vertical de Gagné, 1970). Assim, tanto de uma perspectiva como de outra, Ausubel (apud Miguet et al, 1998, p.139), analisa três variáveis da estrutura cognitiva que afetam a aprendizagem e a relação ou permanência do material logicamente significativo: *a disponibilidade, a discriminabilidade e a estabilidade das idéias do conhecimento sincrônico de um sujeito em uma área de conteúdos específicos.*

A *disponibilidade* implica a existência de “idéias de garantia pertinentes” na estrutura cognitiva em nível de exclusividade apropriado para novos materiais. Se tais idéias de garantia não estiverem disponíveis, a única possibilidade que fica ao sujeito que processa a nova informação é a aprendizagem memorística. Com efeito se o sujeito não pode relacionar intencionalmente ou assimilar conteúdos novos com os prévios, não terá outra saída que os aprender por repetição, de maneira que estabeleça novas idéias que sejam pertinentes para novas aprendizagens. (Miguet et al, 1998, p. 138).

Tal fator de disponibilidade faz referência, como tem sido exposto, aos conhecimentos prévios e suas propriedades organizativas; no entanto, também faz

referência a “maturidade das capacidades cognitivas” ou à “adequação de equipamento de processamento cognitivo” em desenvolvimento, à realização das atividades de aprendizagem propostas.

A discriminabilidade do material novo em relação aos conhecimentos previamente estabelecidos é a segunda variável que se caracteriza a estrutura cognitiva e torna possível a aprendizagem significativa.

Ocasionalmente, acontece que uma nova aprendizagem com determinada semelhança, à já existente na estrutura cognitiva tende a identificar-se com esta, ou, no melhor dos casos, o sujeito se vê impossibilitado de estabelecer diferenças entre ambas. Quando isto ocorre, produzem-se significados ambíguos e confusos que se definem por falta de dissociabilidade. A solução para que aconteça a discriminabilidade – ainda que estejam relacionados e a aprendizagem existente favoreça a retenção do novo – reside nos “organizadores comparativos” que verificam as propriedades definitórias de um e outro, facilitando a aprendizagem objetiva. Se as idéias inclusoras são claras e estáveis, produz-se a discriminabilidade e os organizadores não são necessários.

A *estabilidade* e clareza das idéias de garantia é o terceiro fator da estrutura cognitiva que facilita o tipo de aprendizagem chave na teoria de Ausubel. Ele torna possível a permanência da informação na memória e a transferência sobre a aprendizagem de conhecimentos novos que se relacionam significativamente com os inclusores na memória de longo prazo.

Neste sentido, a ação educativa tem um efeito facilitador para consolidar a estabilidade e clareza da estrutura cognitiva ao ajudar a introduzir seqüencialmente os novos conteúdos, na medida em que os elementos da seqüência vão se consolidando e ao propiciar a retroalimentação informativa, corrigindo os erros seguintes.

A aprendizagem significativa é considerada por Ausubel como um dos quatro tipos possíveis: receptivo, por descobrimento, memorístico, e significativo. Não são

excludentes, quer dizer, podem sobrepor-se, assim, o significativo pode ser receptivo ou por descobrimento, da mesma forma que o memorístico.

Podemos considerar a aprendizagem significativa como um processo pelo qual a informação que vai ser assimilada se relaciona com conceitos já existentes na estrutura cognitiva do sujeito, os conceitos inclusores, e torna possível que tal informação adquira significado para ele. Desta maneira poderíamos dizer que o processo tem caráter significativo e que seu resultado é a aquisição de novos significados.

A aprendizagem significativa via recepção é descrita por Ausubel como a aprendizagem por instrução expositiva que comunica o conteúdo a ser aprendido em sua forma final. Ausubel declara que o fator mais importante que influi na aprendizagem significativa de qualquer idéia nova é o estado da estrutura cognitiva do indivíduo existente no momento da aprendizagem (Ausubel, Robinson apud Casas, 1999). O autor enfatizou o ensino de corpos de conhecimentos organizados estruturados ao redor de conceitos-chave e sugeriu as formas em que os professores poderiam estruturar o conhecimento para seus estudantes (Ausubel, Robinson, Novak e Hanesian apud Casas, 1999) começou com a suposição de que o conhecimento está organizado em estruturas hierárquicas, nas quais os conceitos subordinados são incluídos sob conceitos superordenados de nível superior. Ainda assim, se detalhes forem gradualmente esquecidos, tende-se a recordar idéias-chave associadas a uma estrutura cognitiva particular e a reter essa mesma estrutura, que proporciona um suporte e apóia a retenção da informação, como um corpo de conhecimento organizado. Também funciona como um quadro, onde se interpreta o novo conhecimento relacionado ou se reaprende de maneira eficiente o conhecimento esquecido.

Ausubel (apud Casas 1999), propôs apresentar organizadores avançados: conceitos superordenados dentro dos quais os aprendizes podem incluir o material novo e relacioná-lo com o material já conhecido. Estes organizadores são úteis, em especial, quando o material não está bem organizado e os aprendizes carecem do conhecimento necessário para organizá-lo bem por si mesmos. Vários investigadores que compartilham a preocupação de Ausubel têm estudado outros fatores, tais como

analogias, metáforas, exemplos e modelos concretos que ajudam os aprendizes a vincular conceitos novos com os familiares para desenvolver referenciais concretos para os conceitos abstratos.

Ausubel enfatizou que a aprendizagem devia estar disponível para a transferência a contextos novos. Além de ser capazes de recordá-lo e aplicá-lo dentro do contexto em que foi aprendido originalmente, os estudantes devem ser capazes de generalizar a aprendizagem a contextos de aplicação relevantes e aderir a ele e, basear-se nele quando estendem sua aprendizagem as novas áreas. A transferência do conhecimento existente a situações novas, simplifica a tarefa da aprendizagem nessas novas situações.

Em geral, os fatores de estruturação do texto enfatizados por Ausubel parecem ser importantes, em especial, para assegurar que os estudantes compreendam as idéias principais em uma apresentação e sejam capazes de transferi-las e aplicá-las depois. Encaixam bem com as idéias enfatizadas na atualidade a respeito do ensino de matérias escolares para a compreensão e uso do conhecimento. (Casas, 1999).

5.5 Bruner e a busca disciplinar

Bruner e Ausubel tem idéias muito em comum com Piaget, incluindo a ênfase na importância exploração ativa e na solução de problemas como uma forma preferível e natural de aprender. (Wood apud Casas, 1999).

Também é pessimista a respeito da efetividade da intenção de ensinar os estudantes a manipular procedimentos abstratos (ex. aprender a resolver equações), sem estabelecer primeiro as conexões profundas entre estes procedimentos e o que representam. Entretanto, enquanto Piaget enfatizava a aprendizagem das criança através da exploração do ambiente físico, Bruner enfatiza a aprendizagem na escola, em particular das disciplinas acadêmicas, não somente armazenam conhecimento importante perdurável, mas também

por que introduzem as crianças a potentes formas de pensar que constituem habilidades importantes para aprender a aprender. Assim, os estudantes deveriam desenvolver seu conhecimento realizando uma busca disciplinar. De acordo com Bruner (apud Casas, 1999), a chave para o êxito do ensino disciplinar é traduzi-lo de maneira que os estudantes possam entender, pois crianças em diferentes etapas de desenvolvimento possuem formas características de ver e explicar o mundo. O autor propôs o curriculum em espiral.

Para Bruner, a aprendizagem mais significativa é a desenvolvida por métodos de descoberta orientada, que implicam proporcionar aos estudantes oportunidades de manipulação de objetos em forma ativa para transformá-los pela ação direta, assim como por atividades que os animem a procurar, explorar, analisar ou processar, de alguma outra maneira, a informação que recebem, em vez de somente respondê-la. Por outro lado, ainda que os dados sobre a questão sejam irregulares (Ausubel, Robinson, Breaux, Hermann, Strike apud Casas, 1999), a aprendizagem por descoberta parece ser boa e útil, quando os estudantes tiverem motivação e as habilidades necessárias. A aprendizagem pela descoberta é essencial para objetivos que impliquem solução de problemas ou criatividade, pois na medida em que os estudantes trabalhem sozinhos, é importante selecionar atividades que lhes interessem ou que os estimulem para a realização das atividades planejadas, de forma produtiva e colaborativa.

5.6 Organização dos conteúdos

Um dos objetivos de qualquer bom profissional consiste em ser cada vez mais competente em seu ofício. Geralmente se consegue esta melhora profissional mediante o conhecimento e a experiência: o conhecimento das variáveis que intervêm na prática e a experiência para dominá-las. O conhecimento, aquele que provém da investigação, das experiências dos outros e dos modelos, exemplos e propostas. Mas como podemos saber se estas experiências, modelos, exemplos e propostas são adequados?

Como outros profissionais, todos nós sabemos que entre as coisas que fazemos algumas estão muito bem feitas, outras são satisfatórias e algumas podem ser melhoradas.

Mas será que aquilo que está bastante bem para nós é discutível para outra pessoa e talvez aquilo de que estamos mais inseguros é plenamente satisfatório para outra pessoa.

Provavelmente a melhoria de nossa prática profissional, como todas as demais, passa pela análise do que fazemos, da nossa prática e do contraste com outras práticas. Mas certamente a comparação com outros colegas, também não será suficiente.

Alguns teóricos da educação, a partir da constatação da complexidade das variáveis que intervêm nos processos educativos, tanto em número quanto em grau de inter-relações que se estabelece entre elas, afirmam a dificuldade de controlar esta prática de uma forma consciente. Na sala de aula acontecem muitas coisas ao mesmo tempo, rapidamente e de forma imprevista, e durante muito tempo, o que faz com que se considere difícil, quando não impossível, a tentativa de encontrar referências ou modelos para racionalizar a prática educativa.

Neste sentido Elliot (apud Miguet et al,1993), distingue duas formas muito diferentes de desenvolver esta prática:

- professor que empreende uma pesquisa sobre um problema prático, mudando sobre esta base algum aspecto de sua prática docente. Neste caso do desenvolvimento da compreensão precede a decisão de mudar as estratégias docentes.
- professor que modifica algum aspecto de sua prática docente como resposta a algum problema prático, depois de comprovar sua eficácia para resolvê-lo. Através da avaliação, a compreensão inicial do professor sobre o problema se transforma. Portanto, a decisão de adotar uma nova estratégia de mudança precede o desenvolvimento da compreensão. A ação inicia a reflexão.

Elliot considera que o primeiro tipo de professor constitui uma projeção das inclinações acadêmicas sobre o estudo do pensamento dos professores, que supõem que existe uma atuação racional na qual se selecionam ou escolhem as ações sobre a base de uma observação desvinculada e objetiva da situação; marco teórico em que pode se separar a investigação da prática. Para o autor o segundo tipo representa com mais exatidão a lógica natural do pensamento prático. (Zabala, 1998, p. 15).

Se entendemos que a melhora de qualquer das atuações humanas passa pelo conhecimento e pelo controle das variáveis que intervêm nelas, o fato de que os processos de ensino/aprendizagem sejam extremamente complexos – certamente mais complexos de qualquer outra profissão – não impede, mas sim torna-se mais necessário, que nós, professores, disponhamos e utilizemos referenciais que nos ajude a interpretar o que acontece em sala de aula. Se dispomos de conhecimento deste tipo, nós os utilizaremos previamente ao planejar, no próprio processo educativo, e, posteriormente, ao realizar uma avaliação do que aconteceu. A pouca experiência do seu uso consciente, a capacidade ou a incapacidade que se possa ter para orientar e interpretar, não é um fato inerente à profissão docente, mas o resultado de um modelo educacional que em geral evitou este tema, seja como resultado da história, seja da debilidade científica.

Sabemos muito pouco, sem dúvida, sobre os processos de ensino aprendizagem, das variáveis que intervêm neles e como se inter-relacionam. Os próprios efeitos educativos dependem da interação complexa de todos os fatores que se inter-relacionam nas situações de ensino: tipo de atividade metodológica, aspectos materiais da situação, estilo do professor, relações sociais, conteúdos culturais, etc. (Zabala, 1998, p. 15).

Necessitamos de meios teóricos que contribuam para que a análise da prática seja verdadeiramente reflexiva. Determinados referenciais teóricos que, entendidos como instrumentos conceituais extraídos do estudo empírico e da determinação ideológica, que permitam fundamentar nossa prática; dando pistas acerca de critérios de análise a cerca da seleção das possíveis alternativas de mudança.

As finalidades, os propósitos e os objetivos ou as intenções educativas, ou como se queira chamar, constituem o ponto de partida primordial que determina, justifica e dá sentido à intervenção pedagógica.

Segundo Zabala (1998), entender a intervenção pedagógica exige situar-se num modelo em que a aula se configura como um microsistema definido por determinados espaços, uma organização social, certas relações interativas, uma forma de distribuir o tempo, um determinado uso de recursos didáticos, etc., onde os processos educativos se explicam como elementos estreitamente integrados neste sistema. Assim, pois, o que acontece só pode ser examinado na própria interação de todos os elementos que nela intervêm. Podemos ver de que maneira a ordem e as relações que se estabelecem entre diferentes atividades determinam de maneira significativa o tipo e as características do ensino. Levando em conta o valor que as atividades adquirem quando as colocamos numa série ou sequência significativa, é preciso ampliar esta unidade elementar e identificar, também as seqüências de atividades ou seqüências didáticas como unidade preferencial para a análise da prática, que permitirá o estudo e a avaliação sob uma perspectiva processual, que inclua as fases de planeamento, aplicação e avaliação.

A maneira de configurar as seqüências de atividades é um dos traços mais claros que determinam as características diferenciais da prática educativa. Desde os modelos mais tradicionais de ‘aula magistral’ (com seqüência: exposição, estudos sobre apontamentos ou manual, prova, qualificação) até o método de ‘projetos de trabalho global’ (escolha do tema, planeamento, pesquisa e processamento da informação, índice, dossiê de síntese, avaliação), podemos ver que todos têm como elementos identificadores as atividades que os compõem, mas que adquirem personalidade diferencial segundo o modo como se organizam e articulam em seqüências ordenadas.

Como vimos até agora, “sistematizar os componentes da complexa prática educativa comporta um trabalho de esquematização das diferentes variáveis que nela intervêm, de forma que com esta intenção analítica e, portanto de alguma maneira compartilhadora, podem se perder relações cruciais, traido o sentido integral que qualquer intervenção pedagógica tem”. (Zabala, 1998, p. 21).

Quando o conteúdo de aprendizagem é algo que pode ser visto, como acontece no caso da educação física, em que o professor observa o desempenho das atividades de cada aluno, utilizamos um modelo de ensino de acordo com uma interpretação complexa da aprendizagem. Por outro quando a aprendizagem se realiza sobre um conteúdo cognitivo, posto que não vemos o que acontece na mente do aluno, em vez de usar um modelo interpretativo mais complexo, simplificamos e estabelecemos propostas de ensino notavelmente uniformizadoras. O tratamento deve ser suficientemente flexível para permitir formas de intervenção que levem em conta a diversidade dos alunos. Mas o fato de que existam estes ou outros condicionantes não deve implicar a utilização de modelos que neguem a compreensão de como se produz os processos de aprendizagem. Pelo contrário, partindo do princípio de atenção à diversidade, temos que nos mover na identificação dos condicionantes que impedem levá-lo a cabo e tomar as medidas que diminuam ou eliminem esses condicionantes que impedem que nos ocupemos das demandas particulares de cada um dos alunos.

Partindo do princípio à diversidade, é difícil conhecer os diferentes graus de conhecimento de cada indivíduo (aluno), identificar o desafio de que necessitam, saber que ajuda requerem e estabelecer a avaliação apropriada para cada um deles a fim de que se sintam estimulados a se esforçar em seu trabalho. Mas o fato de que por mais que nos custe não deve nos impedir de buscar meios ou formas de intervenção, que cada vez mais, nos permitam dar uma resposta mais adequada às necessidades pessoais de todos e cada um dos nossos alunos. (Zabala, 1998).

5.6.1 Na concepção construtivista: como se produzem os processos de aprendizagem

Embora uma primeira aproximação ao conhecimento do como se aprende nos permite chegar à conclusão de que os modelos de ensino devem ser capazes de atender à diversidade dos alunos, existe uma série de princípios psicopedagógicos em torno da construção construtivista da aprendizagem suficientemente validados empiricamente,

que como veremos são determinantes para estabelecer referências e critérios para a análise da prática e da intervenção pedagógica.

Partindo da natureza social e socializadora da educação escolar e do acordo construtivista que desde algumas décadas se observa nos âmbitos da psicologia do desenvolvimento e da aprendizagem, reúne uma série de princípios que permitem compreender a complexidade dos processos de ensino/aprendizagem e que se articula em torno da atividade intelectual implica na construção de conhecimentos. Sem pretender dar explicações exaustivas do marco teórico, que tem tido uma ampla difusão, citaremos a seguir, alguns de seus elementos fundamentais.

“Nossa estrutura cognitiva está configurada a uma rede de *esquemas de conhecimento*. Estes esquemas se definem como as representações que uma pessoa possui, num momento dado momento de sua existência, sobre algum objeto de conhecimento. Ao longo da vida estes esquemas são revisados, modificados, tornam-se mais complexos e adaptados à realidade, mais ricos em relações. A natureza dos esquemas de conhecimento de um aluno, depende de seu *nível de desenvolvimento* e dos *conhecimentos prévios* que pôde construir; a situação de aprendizagem pode ser concebida como um processo de comparação, de revisão e de construção de esquemas de conhecimento sobre os conteúdos escolares.” (Zabala, 1998, p. 36).

Agora, “para que este processo se desencadeie, não basta que os alunos se encontrem frente a conteúdos para aprender; é necessário que diante destes possam atualizar seus conhecimentos, compará-los com o que é novo, identificar semelhanças e diferenças e integrá-los em seus esquemas, comprovar que o resultado tem certa coerência, etc. Quando acontece tudo isto – ou na medida em que acontece – podemos dizer que se está produzindo uma *aprendizagem significativa* dos conteúdos apresentados. Ou dito de outro modo estão se estabelecendo relações não arbitrárias entre o que já faz parte da estrutura cognitiva do aluno e o que lhe foi ensinado. Na medida em que podem se estabelecer estas relações, quer dizer, quando a distância entre o que se sabe e o que se tem que aprender é adequada, quando o novo

conteúdo tem uma estrutura que o permite, e quando o aluno tem certa disposição para chegar ao fundo, para selecionar e tirar conclusões (Ausubel, Novak e Hanesian, 1983), sua aprendizagem é uma aprendizagem significativa que está de acordo com a adoção de um enfoque profundo. Quando estas condições são insuficientes ou não estão presentes, a aprendizagem que se realiza é mais superficial e, no limite, pode ser uma aprendizagem mecânica, caracterizada pelo escasso número de relações que podem ser estabelecidas com os esquemas de conhecimento presentes na estrutura cognitiva e, portanto, facilmente submetida ao esquecimento.” (Zabala, 1998, p. 37).

Como se tem repetido continuamente a aprendizagem significativa não é uma questão de tudo ou nada, mas de grau – do grau em que estão presentes as condições que mencionamos. Assim, pois, a conclusão é evidente: *“o ensino tem que estabelecer tantos vínculos essenciais e não arbitrários entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios quanto permita a situação.”* (Zabala, 1998, p. 37).

Chegando a este ponto, falaremos do ensino. Na concepção construtivista, o papel ativo e protagonista do aluno não se contrapõe à necessidade de um papel igualmente ativo por parte do educador. É ele quem dispõe as condições para que a construção que o aluno faz seja mais ampla ou mais restrita, se oriente num sentido ou noutro, através da observação aos alunos, da ajuda que lhes proporciona para que utilizem seus conhecimentos prévios, da apresentação que faz dos conteúdos, mostrando seus elementos essenciais, relacionando-os com o que os alunos sabem e vivem, proporcionando-lhes experiências para que possa explorá-los, compará-los, analisá-los conjuntamente e de forma autônoma, utilizá-los em situações diversas, avaliando a situação em seu conjunto e reconduzindo-os quando considera necessário, etc. Dito de outro modo, a natureza da intervenção pedagógica, estabelece os parâmetros em que pode se mover a *atividade mental* do aluno, passando por momentos sucessivos de equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio.(Coll, 1983 apud Zabala, 1998).

Assim, a intervenção pedagógica como uma ajuda adaptada ao processo de intervenção do aluno; uma intervenção que vai criando *Zonas de Desenvolvimento Proximal* (Vygotsky, 1979), e que ajuda os alunos a percorrê-la. Portanto a situação de ensino e aprendizagem pode ser considerada como um processo dirigido a superar desafios, desafios que possam ser enfrentados e que façam avançar um pouco mais além do ponto de partida. Na disposição para a aprendizagem – e na possibilidade de torná-la significativa - intervêm, junto às capacidades cognitivas, fatores vinculados às capacidades de equilíbrio pessoal, de relação inter-pessoal e de inserção social. Os alunos percebem a si mesmos e percebem as situações de ensino e aprendizagem de uma maneira determinada, e esta percepção – ‘consegurei, me ajudarão, é divertido, é uma chatice, vão me ganhar, não farei direito, é interessante, me castigarão, me darão boa nota,’ influi na maneira de se situar diante dos novos conteúdos e, provavelmente, nos resultados obtidos. (Solé, 1993 apud Zabala,1998).

Por sua vez, estes resultados não têm um efeito, por assim dizer, exclusivamente cognitivo. Também incidem no *autoconceito* e na forma de perceber a escola, o professor e os colegas, e, portanto, na forma de se relacionar com eles. Quer dizer, incidem nas diversas capacidades das pessoas, em suas competências e em seu bem estar.

A construção construtivista, da qual mencionamos anteriormente é mais do que um apontamento, parte da complexidade intrínseca dos processos de ensinar e aprender e, ao mesmo tempo, de sua potencialidade para explicar o crescimento das pessoas. Apesar de todas as perguntas que ainda restam por responder, é útil porque permite formular outras novas, respondê-las desde um marco coerente e, especialmente, porque oferece critérios para avançar.

Partindo da concepção construtivista de como se produzem os processos de ensino/aprendizagem e de suas organizações, desenvolvemos

um modelo metodológico a ser utilizado no ensino da Geometria Descritiva, baseado no sistema bi-projetivo de Monge, o sistema das projeções ortogonais, com a finalidade de desenvolver a cognição da imagem.

CAPÍTULO 6. MODELO

6.1 Introdução

Construir é realizar. Todo conhecimento é memória. Conhecer é recordar com relevância, desprezando o desimportante. Num certo sentido, o conhecimento é aquilo que é fundamental reter. É aquilo que precisamos descartar. A inteligência humana está em detectar essa operação. (Del Nero).

“A visão evoluiu para converter esses problemas mal propostos em problemas solucionáveis acrescentando premissas: suposições sobre como, em média o mundo em que evoluímos é montado”. (Pinker, 1999, p. 228).

O sistema visual não existe para nos entreter com bonitos padrões e cores; ele é arquitetado para nos dar uma noção das verdadeiras formas e materiais encontrados no mundo.

Segundo David Marr (apud Pinker, 1999), a visão é um processo que produz a partir de uma imagem do mundo externo, uma descrição do que é útil para quem vê, e não um acréscimo de informações irrelevantes. Assim sendo, o objetivo da visão é uma descrição. Podemos descrevê-la e arquivá-la na memória para referência futura.

Segundo Pinker (1999, p. 289), “uma descrição da anatomia de um objeto ajuda a mente a pensar nos objetos e não apenas a proferir seus

nomes. As pessoas entendem como os objetos funcionam e para que servem as formas e a disposição de suas partes”.

Ao introduzir o estudo da Geometria Descritiva em um novo contexto, dentro de uma concepção epistemológica já elaborados neste trabalho, tentamos encontrar uma maneira mais adequada, uma metodologia, para ser desenvolvida no processo de ensino-aprendizagem da Geometria Descritiva (GD) que possa facilitar o processo de cognição da imagem de forma mais coerente com o funcionamento do nosso cérebro pois não é o nosso cérebro, que precisa se adaptar as metodologias, mas as metodologias é que precisam se adaptar ao cérebro.

Ao introduzir o método, o primeiro passo é informar aos alunos, mesmo de modo superficial, todo o referencial mencionado neste trabalho, ou seja, como nosso sistema visual conectado ao cérebro faz para processar uma imagem gráfica. Através das informações preliminares já relatadas neste estudo, e das teorias existentes a respeito, espera-se que o conteúdo desenvolvido no programa e utilizado como instrumentos de representação, passe a ser um procedimento natural, semelhante, compatível ao funcionamento do nosso “hardware” cerebral, deixando de ser algo desconhecido, confuso, inatingível, não relacionado, sem origem, sem função e sem significado.

Através desse novo contexto no qual o ensino da descrição da geometria está inserido, destaca-se, no primeiro momento, o aluno, o ser humano, antes de relacioná-lo com o mundo dos objetos, para quem os mesmos foram primeiramente desenvolvidos através primeiro de imagens mentais, que são nossas idéias e, depois transformando-as em imagens reais (modelos reais) através do projeto. E os objetivos, por sua vez, só podem ser realizados a partir de alguns elementos essenciais desenvolvidos no método bi-projetivo de Monge, que funcionam como ferramentas no processo de construção dos objetos que são representados: pelos *planos de projeção* (horizontal e vertical, onde é projetada a imagem do objeto a ser construído); pela *reta* (em várias orientações, que

auxilia na determinação dos pontos do objeto, apoiados nos planos); pelos *planos* (também em várias orientações, que determinam a posição dos objetos que queremos construir).

6.2 Estudo da reta desenvolvido através da Teoria da Rotação Mental e segundo um referencial por meio da descoberta orientada

Todos nós sabemos o que é uma reta, que ela é infinita e que nós a limitamos, determinando um “segmento de reta” para podermos trabalhar com ela. Mas, quantas posições ou orientações de segmentos de reta existem e como fazer para determiná-las? Segundo Pinker (1999), nosso cérebro identifica as várias orientações de um objeto através da rotação deste objeto segundo a um referencial, que é a posição vertical.

Neste modelo de estudo, determinam-se as várias posições de um segmento de reta por meio da descoberta orientada segundo a um referencial, não na posição vertical, mas na posição fronto-horizontal. O referencial foi mudado para simplificar ainda mais o processo, porque a reta fronto-horizontal tem posições iguais em relação aos dois planos de projeção. Por esse motivo, portanto, é feita uma rotação mental a partir de um referencial, que é um segmento de reta paralelo aos dois planos de projeção (horizontal e vertical), onde deixamos a reta paralela ao plano horizontal de projeção e giramos num ângulo qualquer e depois 90 graus em relação ao plano vertical de projeção. Neste simples procedimento, obedecendo a esse referencial determinado no modelo, definimos, no giro, a reta horizontal e, na perpendicular ou no ângulo de 90 graus, a reta de topo; demonstrando no espaço e em *épura*, a descrição de cada representação, em todas as suas características.

Continuando, voltamos novamente ao nosso referencial que é a reta fronto-horizontal. Deixamos agora o segmento de reta paralelo ao plano vertical e giramos num ângulo e depois 90 graus, como fizemos anteriormente em relação ao plano horizontal, e determinamos, no ângulo a reta frontal, e na perpendicular, 90 graus, a reta vertical. Com esse procedimento, os alunos devem perceber que existem vários ângulos de reta horizontal, mas será sempre uma horizontal porque tem sempre a mesma característica,

paralela ao plano horizontal e inclinada ao plano vertical; se o ângulo é 30, 40 ou 65 graus, não importa, do mesmo modo, ocorre vários ângulos de reta frontal, mas a característica não muda.

Até agora nós determinamos, por meio da descoberta, orientada cinco posições diferentes de um segmento de reta, sem esforço algum, apenas obedecendo a um referencial. Faltam, porém, as posições oblíquas em relação aos dois planos de projeção: oblíquas ou inclinadas com projeções (imagens) horizontal e vertical também inclinadas, chamada qualquer; oblíquas ou inclinadas com projeções (imagens) perpendiculares, chamada perfil; e, por último, a reta qualquer e perfil podem ser reversas porque possuem posições contrárias às demonstradas anteriormente. Também serão esclarecidos todos os detalhes e dúvidas que ocorrerem durante o processo de descoberta orientada (traços de reta e diedros que elas podem atravessar, dependendo da posição, da direção). As várias orientações de um segmento de reta possuem um papel muito importantes no processo de construção, porém precisam trabalhar associadas aos planos para que elas tenham significado (sentido) pois, as retas, na prática, significam as vigas que sustentam os planos, que são as paredes, tetos.

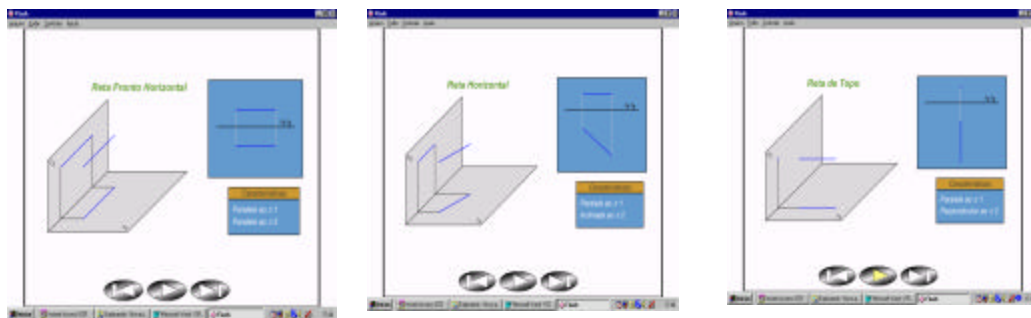


Figura 6.1. Rotação da reta. Fonte: Autora.

6.3 Estudo do plano desenvolvido através da Teoria da Rotação Mental e segundo um referencial por meio da descoberta orientada

Para sabermos que orientações um plano pode ocupar em relação aos planos de projeção, adotamos o mesmo processo de descoberta orientada adotado na determinação das posições dos segmentos de reta, através da rotação mental segundo um referencial. O nosso referencial agora é o plano plano horizontal, paralelo ao plano horizontal de projeção e perpendicular ao plano vertical de projeção, onde determinamos, no ângulo o plano de topo e no ângulo de 90° , perpendicular aos dois planos, o plano de perfil. A seguir, coloca-se o plano perpendicular ao plano horizontal de projeção, chamado frontal, que agora é o nosso referencial, determinando, no ângulo, o plano vertical e, na perpendicular o plano de perfil novamente. Até aqui encontramos 5 planos, faltando os planos inclinados. Coloca-se, então, o plano inclinado aos dois planos de projeção, com seus traços paralelos à linha de terra, chamado de rampa ou paralelo à linha de terra; em seguida coloca-se o plano inclinado aos dois planos de projeção, porém com seus traços inclinados em relação à linha de terra e por último ainda, os planos de rampa e qualquer inclinados em relação aos planos de projeção numa posição contrária. Até esse momento, a dificuldade maior que nós vamos ter é de associar a posição de cada reta e de cada plano descoberto a um nome.

Este procedimento de descoberta através da rotação de 90° , faz o aluno refletir na ação e pensar sobre o procedimento. Controlar o que está fazendo, faz o aluno raciocinar sobre o processo de determinação das retas, dos planos e das retas pertencentes aos planos. Ele começa a trabalhar o conteúdo sentindo o processo de raciocínio e, assim, aprende através da representação das retas o ato de raciocinar. Ele começa a sentir que está raciocinando e, conseqüentemente, processando uma informação através de um procedimento claro, real e concreto, não mais abstrato. Como afirmou Edward Titchener (apud Pinker, 1999) um dos principais psicólogos experimentais americanos, não existe formas abstratas apenas pensamentos abstratos e quando se transformam em procedimentos, são muito concretos. Por mais abstrata que seja, podemos representar qualquer idéia.

Ao internalizar as posições das retas e dos planos, começamos a inter-relacioná-las de forma associativa, trabalhando com os dois elementos juntos: as retas e os

planos, onde um depende do outro para determinar quais orientações de segmento de retas pertencem a cada plano ou ajustam-se, ficando completamente presas, coladas ao plano, para que as mesmas possam trabalhar com cada um dos planos na construção do sólido.

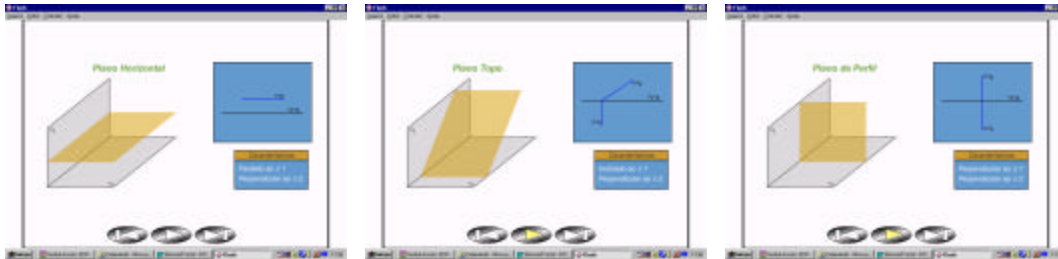


Figura 6.2. Rotação do plano. Fonte: Autora.

6.4 Pertinência das várias orientações de uma reta em seus respectivos planos, trabalhando a associação dos conhecimentos prévios internalizados conjuntamente com a teoria da rotação mental

Inicialmente pegamos o primeiro segmento de reta estudado, a reta fronto-horizontal ou paralela à linha de terra e o primeiro plano, chamado plano horizontal, e vamos juntar um com o outro. Colocamos o plano na posição horizontal, chamado horizontal, e a reta fronto-horizontal encostada, colada ao plano. A seguir, deixamos o plano fixo e giramos a reta fronto-horizontal primeiramente num ângulo qualquer, determinando a reta horizontal e, depois, no ângulo de 90° , determinando a reta de topo; repetindo o mesmo procedimento feito anteriormente, na descoberta das várias orientações da reta, trabalham-se, portanto, neste momento, os conhecimentos prévios. Neste giro descobrimos que, tanto a reta fronto-horizontal, quanto a reta horizontal e a reta de topo pertencem ao plano horizontal, porque essas retas deslizam sobre o plano num ângulo de até 90° .

Em seguida, demonstramos que as três retas: fronto-horizontal, horizontal e topo pertencentes ao plano horizontal, continuam pertencentes ao plano da mesma forma só

que, quando o plano muda de orientação, no caso do primeiro giro no ângulo, também trabalhado anteriormente quando da determinação dos planos, as retas presas ao plano fazem o mesmo giro feito quando pertencentes ao plano horizontal. Ao adquirirem novas posições, tanto das retas quanto dos planos, o processo de determinação continua sempre o mesmo, semelhantes ao processo de determinação mas diferente segundo o referencial. Houve uma inclinação do plano e, portanto, a inclinação das retas pertencentes a ele. Isso ocorre com todas as demais posições já descobertas.

Desta pequena experiência – com algumas informações preliminares, sobre os primeiros elementos de construção, como os segmentos de reta, o plano e os segmentos de retas pertencentes a cada orientação de plano adquirirem novas posições e portanto refletem novas imagens sobre os planos de projeção – começamos a perceber e entender como o conteúdo é formado, demonstrando o seu significado. Ele não surge do nada como uma criação distante de nós. Esse conteúdo é algo concreto e real desde que os procedimentos metodológicos e o contexto nos leve a compreender o conteúdo desta forma.

Estes esquemas, trabalhados, como exposto acima, criam novos esquemas de conhecimento possibilitando ao aluno perceber e sentir o funcionamento do seu próprio raciocínio. Ao percorrer o caminho e vivenciando a experiência no processo, faz-se a memorização do processo, ocorrendo portanto, a aprendizagem. Lembrando e refletindo sobre a trajetória percorrida, o aluno pode sentir de forma mais real, o que ocorreu em seu cérebro e que as áreas espaciais, foram trabalhadas. E o conceito linear do pensamento, ainda que de modo implícito, corresponde à consciência que temos do nosso pensar.

O cérebro integra o movimento dos objetos, (os planos e os segmentos de retas pertencentes a eles), percebidos num universo coerente. Nossa consciência interpreta esse conteúdo informacional, demonstrando as funções diferenciadas dos hemisférios cerebrais, onde podemos compartilhar da descoberta de Michael Gazzanica, discípulo de Sperry que diz que “o cérebro não se constitui de um órgão unitário, funcionando linearmente, mas opera modularmente.(Fialho, 1997). Podemos concluir até aqui que

nós conhecemos apenas dois módulos ou dois fragmentos; um, que tem a função de determinar as orientações do segmento de reta e o outro de determinar um plano em várias orientações (direções). E que, eles só podem trabalhar juntos, conectados, se pertencerem, se os mesmos estiverem na mesma direção, mas cumprindo cada um a sua função. Nenhum poderá ocupar o lugar do outro; como acontece com o nosso cérebro, mas dependemos um do outro para que o todo se complete.

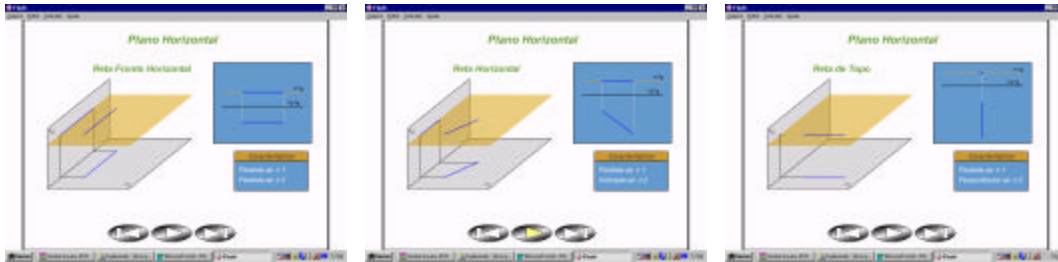


Figura 6.3. Pertinência da reta no plano. Fonte: Autora.

6.5 Pertinência de um triângulo (uma figura) qualquer em um plano, numa posição qualquer, utilizando os conhecimentos prévios de forma associativa

Quando queremos determinar a pertinência não mais de uma reta mas de uma figura plana em um plano, sabemos previamente que essa figura precisa estar na mesma direção do plano e colada neste plano. Mas como comprovar essa pertinência trabalhando com projeções num ângulo qualquer, com imagens projetadas sobre os planos de projeção? A resposta é muito simples, basta recorrermos a uma das retas pertencentes a posição do plano trabalhado, que nos auxilia na determinação exata das projeções da figura no plano; e mais buscar sempre aquela que auxilia de forma mais simples na representação. Se nós estamos trabalhando com o plano qualquer a posição mais simples de um segmento de reta pertencente a esse plano é o segmento de reta na posição horizontal ou frontal, porque, como elas possuem posições paralelas a um dos planos de projeção, as projeções (imagens) dos traços são representados de forma mais

simplificada e mais clara. Neste momento se percebe a interação das retas, dos planos e da figura pertencente ao plano, de como seus elementos trabalham de forma associativa. Isso, portanto, representa os elementos básicos iniciais à construção do objeto – no caso um prisma reto apoiado um plano qualquer – que está sendo construído, que representa a construção mais simples de um objeto, ‘num plano mais complexo’, porque tem uma posição inclinada num ângulo qualquer em relação aos planos de projeção; e este é o ponto chave do modelo, que é o de demonstrar a simplificação do processo e ao mesmo tempo a amplitude, a abrangência, a generalização, que esse modelo pode proporcionar aos alunos quando de sua conclusão numa demonstração onde envolve todos os elementos de construção.

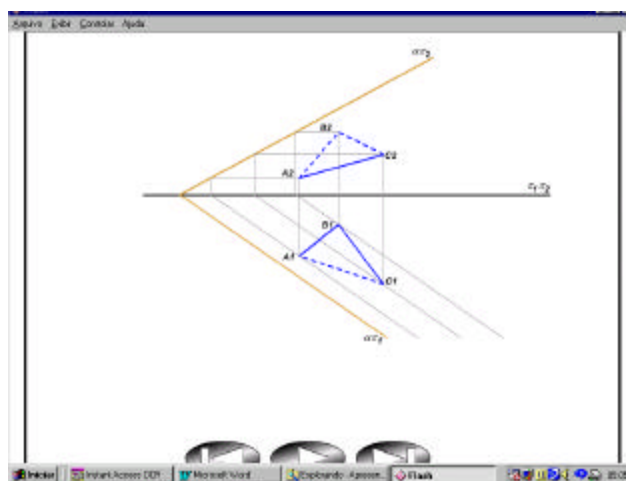


Figura 6.4. Figura plana. Fonte: Autora

6.6 Determinação da verdadeira grandeza

Continuando o processo de construção, quando for necessário determinar a verdadeira grandeza (VG) dessa figura – que nesta demonstração é a base do prisma a ser construído – após comprovada sua pertinência, podemos utilizar dois procedimentos: o do “rebatimento” ou da “mudança de plano”.

6.6.1 Rebatimento através da Teoria da Rotação mental

O rebatimento, é um procedimento que consiste em rebater ou rotacionar o plano com a figura alí representada sobre o plano horizontal de projeção (até o chão) ou sobre o plano vertical de projeção (até a parede). Quando utilizamos uma reta horizontal, é melhor rebatermos sobre o plano horizontal de projeção. E quando utilizamos uma reta frontal é melhor rebatermos sobre o plano vertical de projeção, devido à praticidade da posição da reta. Isso evita a repetição do mesmo procedimento na realização da mesma tarefa, o que deixaria muitos traços (linhas) desnecessários, provocando uma poluição visual. Utilizamos o mesmo procedimento quantas vezes forem necessárias, dependendo do número de pontos que tiver a figura que está sendo rebatida pertencente ao plano representado.

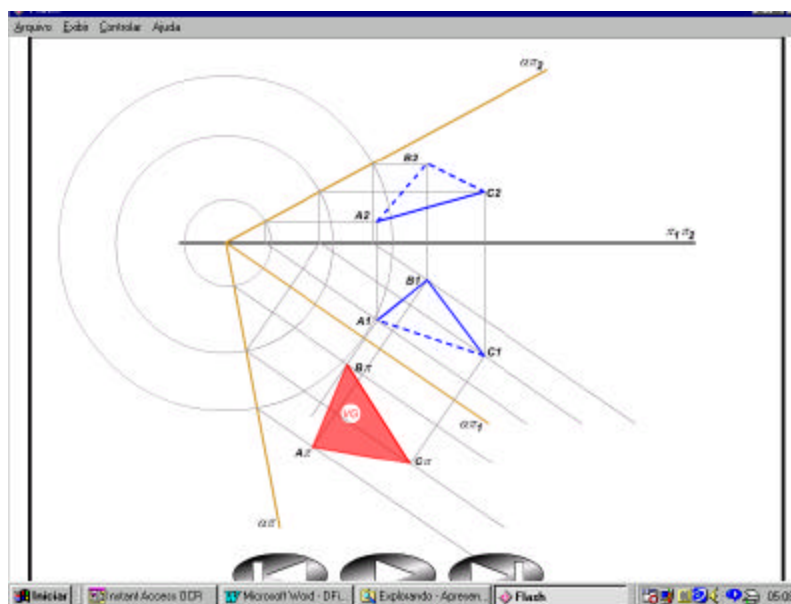


Figura 6.5. Verdadeira grandeza. Fonte Autora.

6.6.2 Mudança de plano através do deslocamento do observador

No procedimento chamado de mudança de plano, como o próprio nome também já o identifica, o observador primeiro observa por exemplo, o plano qualquer e a figura

na posição que eles se encontram, segundo a um referencial que é a linha de terra, que determina a posição correta dos planos de projeção (horizontal e vertical) e, em seguida, desloca-se para observar este mesmo plano numa nova posição, (por exemplo de topo), segundo outro referencial previamente estabelecido para a resolução do problema, que é definido por uma nova linha de terra, traçada na direção correta, perpendicular ao traço horizontal do plano qualquer. Isso nos leva a enxergar este mesmo plano com todos os elementos contidos nele na posição desejada com alguns elementos em VG, no caso neste modelo a altura do objeto, e, conseqüentemente o novo plano de projeção, que nesta transformação exemplificada, é o plano vertical de projeção.

Nesse exemplo, para determinar a verdadeira grandeza da altura do prisma, basta uma mudança de qualquer para topo. Mas para determinar a verdadeira grandeza da base, que é uma figura plana, por este procedimento, é preciso que se faça mais uma mudança, de topo para horizontal. Sem esses conhecimentos específicos anteriores a respeito de cada fragmento ou de cada módulo, de como determiná-los, não seria possível darmos prosseguimento à construção dos objetos.

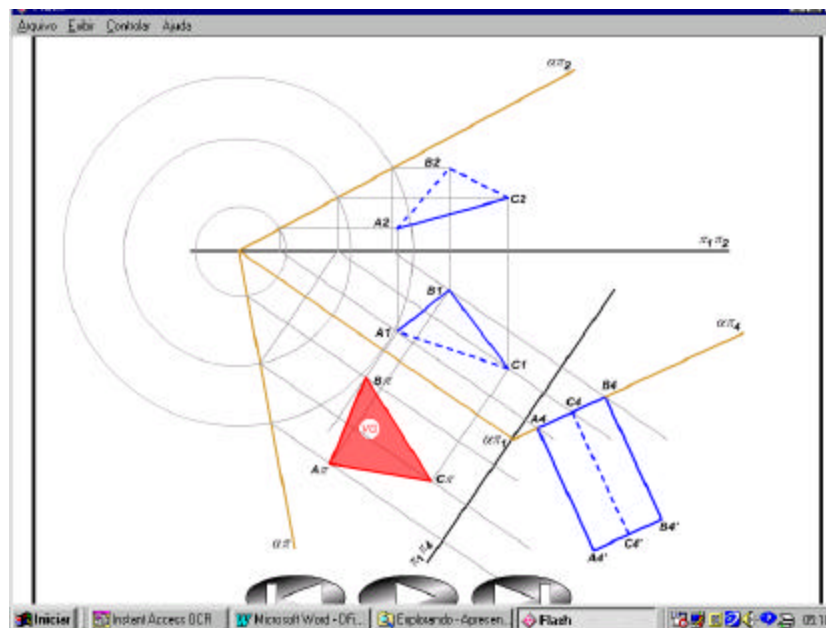


Figura 6.6. Mudança de plano. Fonte: Autora.

6.7 Resolução final da construção do sólido – prisma reto de base triangular apoiado em um plano qualquer

Dando seqüência ao processo de construção do prisma, projeta-se a figura plana, que é a base do prisma e a interseção do prisma com o plano qualquer, sobre o traço vertical do plano de topo; determina-se a altura do prisma a partir deste traço vertical (utilizando-se o perpendicularismo), une-se cada ponto da base, determinando-se a base superior através das geratrizes, que é a união entre as bases (a que está apoiada no plano e a superior). Para completar, determina-se a projeção horizontal da base superior do sólido, traçando perpendiculares à linha de terra, primeiro em relação ao plano de topo, depois perpendiculares ao traço horizontal do plano de topo, que é, também, o traço horizontal do plano qualquer. A seguir, de posse da projeção horizontal da base superior do prisma, basta determinar a projeção vertical da mesma base, a partir de perpendiculares, agora em relação à linha de terra correspondente ao plano qualquer e perpendiculares ao traço vertical do plano qualquer. Para finalizar, basta unir as duas projeções das bases e determinar a visibilidade.

Neste momento, eles constatarem através da visualização em duas dimensões que a terceira dimensão é construída no cérebro, porque é uma representação em duas dimensões, mas a visualização é tridimensional; desenvolvendo a visão espacial.

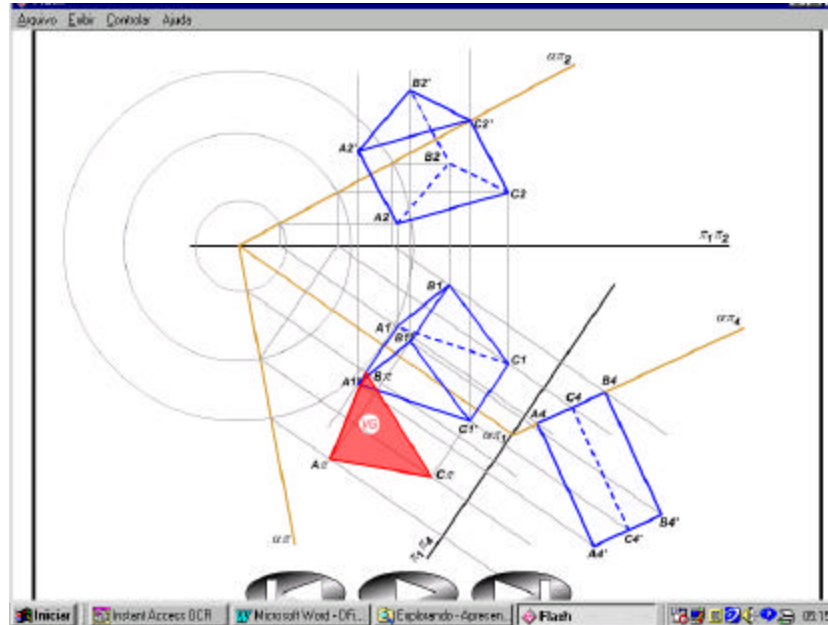


Figura 6.7. Construção final do sólido. Fonte: Autora.

A construção deste sólido, no caso do prisma, demonstra que todos os conteúdos mencionados até então – os fragmentos ou os módulos de construção – estão intimamente ligados e jamais seria possível tal construção sem a colaboração e o conhecimento de todos eles de forma associativa, gradual e integrada.

Nem um, nem outro é mais ou menos importante; todos, porém, cumprem uma determinada função na construção do todo. Isso significa que, no processo de ensino-aprendizagem da representação de um sólido no qual está inserido, quase que a totalidade das informações básicas, além do método de representação, deve estar presente de forma muito clara e evidente como se deve utilizar este método e o valor que o método tem na representação dos objetos através do seu significado.

Através dessa simples construção, desenvolvida por meio de uma metodologia baseada na associação e internalização dos conteúdos ministrados – a reconstrução interna de uma operação externa – o aluno dá sentido a informação assimilada, relacionando-as de forma significativa a conceitos já existentes na estrutura cognitiva

(conhecimentos prévios), numa relação entre os seus fragmentos, reorganizando essa estrutura cognitiva, e tornando possível que tal informação adquira significado para ele.

Todo o conteúdo desenvolvido neste modelo representa para aluno um “mediador”, “uma base de conhecimento” ou um banco de dados, uma nova estrutura de conhecimento, que pode estar configurada a uma rede de esquemas de conhecimento, podendo ser utilizada em construções simples como em construções mais complexas. Para Zabala (1998), estes esquemas de conhecimento definem as representações que o aluno tem sobre este objeto de conhecimento. No decorrer desse processo, esses esquemas são revisados, tornando-se mais complexos, mais ricos em relações, adaptados à realidade. A natureza dos esquemas de conhecimento do aluno depende do nível de desenvolvimento dele e dos conhecimentos prévios que ele pode construir através do processo de comparação, através das semelhanças e das diferenças.

É lógico que durante o desenvolvimento do processo de construção surgem dúvidas e questionamentos que vão sendo esclarecidos no decorrer do processo. A aula se torna um debate de possibilidades; e, se os alunos não perguntam, o professor instiga com perguntas e, com isto, os alunos vão se acostumando a aventurar-se por outros caminhos com total liberdade e infinitas possibilidades de idéias, propondo novos problemas, sem se preocupar com o dimensionamento, apenas aprendendo no fazer, projetando qualquer objeto que suas imagens mentais podem lhe proporcionar em qualquer tamanho, forma ou ângulo.

Todo esse processo foi realizado de forma conjunta – professor-aluno – porque ele necessita de um conhecimento básico, *feedstock*, para poder continuar o processo de exploração e construção do mundo dos objetos.

6.8 Trabalho individual – projeto

Dando continuidade ao processo de conhecimento da descrição da geometria através da construção, é dado início ao trabalho individual onde aluno vai fazer a sua própria construção, aplicando todo o conhecimento dos conteúdos aprendido, aplicando-o a um novo contexto, dando liberdade a sua própria criatividade e imaginação de forma mais generalizada possível, com formas, tamanhos e ângulos que ele bem desejar.

Cada aluno escolhe o objeto ou conjunto de objetos que ele deseja representar em duas dimensões, com base nos conhecimentos anteriores. Este é o momento em que a informação internalizada começa a se transformar em formação, 'conhecimento', porque a aprendizagem, por mais que se apoia num processo interpessoal e compartilhado, é sempre, em última instância, uma apropriação intrapessoal, uma questão individual. As diferenças são encontradas no papel que se atribui a este trabalho, no momento em que ele é realizado, nos tipos de conteúdos em que se trabalha e em seu grau de adaptação às características pessoais de cada aluno.

O projeto é uma atividade espontânea coordenada pelo aluno, que tem a possibilidade de vincular a vida da escola à vida real, explorando o máximo de si, sentindo-se o protagonista em todo o processo. O projeto potencializa, assim, a capacidade de iniciativa do aluno e o respeito à personalidade, adequando o trabalho ao nível de desenvolvimento individual. A estratégia consiste em fornecer a concepção da realidade como um fato problemático que é preciso resolver, e a metodologia adotada responde a um princípio de integração e de totalidade, o que dá lugar ao ensino globalizado, quer dizer, nada trabalha de forma isolada. Adota-se o princípio de que só se conhece um determinado conteúdo quando trabalhado de forma conjunta e o ser humano, 'o aluno', como construtor, é inserido nesse conhecimento. Espera-se, assim, que aflorem suas concepções prévias e que os alunos possam prever as formas, meios ou instrumentos que têm que utilizar.

Ao realizar o seu projeto, o aluno percebe a importância de conhecer todas as teorias e procedimentos, conteúdos anteriores. A criatividade é estimulada, ao mesmo tempo em que o aluno percebe a utilidade dos conteúdos que estão sendo ministrados ou desenvolvidos e as facilidades para compreensão dos mesmos.

Este modo de representação da Geometria Descritiva desenvolvido através deste procedimento metodológico, preconiza, entre outras coisas, o estímulo ao desenvolvimento do aluno, por meio de propostas práticas, em que o aprendizado ocorre à medida que o conhecimento se torna necessário para a realização da atividade. No caso deste método, os alunos são estimulados a fazer o seu projeto no qual eles relatam suas experiências. Ao internalizar as experiências adquiridas de forma interpessoal, o aluno reconstrói individualmente os modos de ação realizados externamente e aprende a organizar os próprios processos mentais, reorganizando a sua estrutura cognitiva. O aluno deixa de basear-se em signos externos e começa a apoiar-se em recursos internalizados (imagens, representações mentais, conceitos etc.).

Além do mais percebem também que esse procedimento metodológico não foi criado a partir de uma invenção humana, mas a partir de comprovados estudos feitos em seres humanos de que nosso cérebro – equipado através do nosso sistema visual – faz e usa os recursos da rotação mental para reconhecer orientações diferentes (inclinadas) de um objeto e recria muitas outras orientações a partir de imagens mentais.

Para desenvolvê-lo corretamente dentro da sua própria proposta o aluno precisa conhecer o valor do conteúdo através do seu significado, ou seja, perceber a utilidade do conhecimento desse conteúdo que deixa de ser abstrato, restrito aos livros e a programas, e passa a ser de domínio do seu próprio cérebro, responsável pela visualização espacial, para ser aplicado em seu cotidiano.

Para compreender o todo, o aluno começa conhecendo, mesmo que de modo superficial, o sistema de processamento de informação, responsável pelo processamento da imagem e as diferentes partes do conteúdo que compõem o corpo de conhecimento básico, necessário à construção dos objetos. Esse procedimento, dentro desse novo contexto epistemológico, que inclui o sujeito que conhece, o objeto de conhecimento e o conhecimento como produto do processo cognitivo, faz com que ele perceba a importância do processo educativo em sua totalidade.

Todas as pessoas têm a mesma capacidade, bastando esforço para desenvolvê-la. Aprender fazendo, dá mais trabalho do que copiar. Aprender fazendo significa compreender e conhecer todos os desvios, as trilhas de uma estrada, todos os detalhes para resolver qualquer problema em qualquer das trilhas. Assim o aluno precisa pensar no todo, através da composição das partes. Se ele conhece apenas as partes, de forma isolada, e, não sabe o que fazer com elas, como essas partes se integram, de nada adiantaria. Por outro lado, se ele conhece o todo e não sabe como foi construído, também não adianta nada, pois existirá um vazio de construção que precisa ser preenchido, caso contrário, o conhecimento não se processa. Como já foi dito por Zabala (1998) anteriormente, o conhecimento só é processado se nossa estrutura cognitiva estiver configurada a uma rede de esquemas de conhecimento. Para que o processo se desencadeie, não basta estar diante dos conteúdos para aprender, é necessário que os conhecimentos dos alunos possam ser atualizados e comparados com o que é novo. É importante que o aluno identifique semelhanças e diferenças e as integre em seus esquemas, comprovando que o resultado tem uma certa coerência e produza uma aprendizagem significativa.

Uma vez compreendido o conceito, o trabalho será eficaz porque o aluno realizará as atividades que lhe permitirão ampliar, detalhar, recordar e reforçar o que já tinha sido compreendido. A diferença entre os trabalhos é muito importante porque cada um dos alunos tem que se dedicar a cada uma das finalidades do projeto que eles mesmos propuseram. No momento que eles levam a cabo as suas tarefas de exercitação personalizada, adaptadas aos seus níveis de domínio, obrigam-se a introduzir todos os conhecimentos desenvolvidos até então, os quais se encontram dentro do domínio progressivo da técnica, do procedimento ou da estratégia.

O que parece fundamental nessa experiência é o processo de individualização dos alunos que se dá a partir das experiências propiciadas pelo 'orientador ou mediador' numa interação professor-aluno. Segundo Rego (1995), o aluno se faz como um ser diferenciado do outro, mas na relação com o outro: singular, mas constituído socialmente numa composição individual, mas não homogênia.

Segundo Zabala, (1998, p.127), “assim, pois, vemos que o trabalho individual é especialmente útil para a memorização dos fatos, para o aprofundamento da memorização posterior de conceitos e, especialmente, para a maioria dos conteúdos procedimentais, em que se deve adaptar o ritmo e a proposição das atividades às características de cada aluno. Ao mesmo tempo, podemos comprovar a complexidade da tarefa educacional pelo fato de ter que acompanhar as diferentes trajetórias neste trabalho individual. Os diferentes métodos de ensino foram buscar fórmulas que favorecessem o andamento de todos os alunos. Fórmulas, técnicas e instrumentos que, em muitos casos, se converteram no “método” que serve para a resolução de qualquer problema relacionado à projeção de objetos. A atenção à diversidade envolve formas de ensinar notavelmente complexas porque têm que responder às muitas variáveis que estão estreitamente inter-relacionadas. Tudo isso leva a que nós demos conta, cada vez mais, da necessidade de utilizar formas de intervenção extremamente flexíveis, que integrem todos aqueles meios que potencialmente ajudam a aprender”.

Só se aprende a projetar projetando. Neste sentido, promover um trabalho pessoal interessante, que tenha sentido, que seja adequado a cada aluno, que permita o acompanhamento, se necessário, por parte do professor e a direção e o controle por parte do aluno, pelo qual ele se sinta responsável, este é um desafio do qual não podemos renunciar em benefício de um trabalho rotineiro, mecânico e sem atrativo.

Quando o professor proporciona ao aluno o direito de construir o que ele bem desejar, baseado em conhecimentos prévios de seu próprio funcionamento, de como o cérebro trabalha em relação à construção de objetos em movimento, internalizados e inferindo novos conhecimentos em sua estrutura cognitiva, com base em conceitos-chave que envolve corpos de conhecimento, o aluno se transforma no protagonista do ensino e desloca o fio condutor do conhecimento para a sua capacidade de interesse e motivação.

O aluno não fica resolvendo problemas específicos propostos pelo professor de modo a recordá-los e aplicá-los dentro do contexto originalmente aprendido, mas de generalizar a aprendizagem a contextos relevantes, aderir a ele e basear-se neles quando se estendem a novas áreas, a problemas que ele mesmo propõe, descobrindo que é possível resolver qualquer tipo de problema no que diz respeito à projeção de objetos usando o sistema bi-projetivo de Monge no ângulo que ele quiser, quer dizer, apoiado em qualquer uma das orientações de planos que ele precisar ou quiser projetar e de acordo com suas imagens mentais desenvolvidas através de seus esquemas de conhecimentos mentais, presentes na estrutura cognitiva. A transferência do conhecimento existente a situações novas simplifica a tarefa da aprendizagem nessas novas situações. Para Ausubel (apud Casas 1999), é importantes assegurar que os estudantes compreendam as idéias principais em uma apresentação e sejam capazes de transferi-las e aplicá-las depois para a compreensão e uso do conhecimento.

Segundo Schön, (2000, p.123), "o design, no sentido mais amplo, deve ser aprendido no fazer. Uma prática com caráter de design é passível de ser aprendida, mas não de ser ensinada, por métodos teóricos, mas numa relação muito próxima de uma prática que leve o aluno a se sentir capaz de realizar".

Quando os alunos aprendem a conduzir experimentos sobre a concepção nos quais eles impõem um certo tipo de coerência, para dar ordem a uma situação, provocam resultados inesperados, respostas que dão à situação um novo significado.

A habilidade de design é um tipo de conhecimento em ação. É possível descrever regras usadas no projeto, contudo algumas regras mais importantes não podem ser acompanhadas de uma forma mais simples, mecânica, porém deve se aprender um tipo de experimentação numa invenção criativa de novas tentativas, baseadas na apreciação de resultados de ações anteriores. Isso ajuda a explicar porque os alunos devem praticar para aprender a atividade de

design e sugere-se, além disso, que sua prática deve envolver reflexão na ação, impor uma disciplina, ainda que arbitrária, sempre que se pode quebrá-la depois”. Isso faz sentido, e um sentido útil para a ação, apenas quando os alunos estão envolvidos em um esforço de construir o projeto de algo.

O design é uma habilidade holística. Neste sentido, deve-se entendê-lo como um todo, para que se tenha melhor compreensão dele. Quando um aluno aprendeu a desenvolver pequenas unidades de uma atividade de design, mas ainda não aprendeu como integrá-las em um processo de projeto mais amplo, a natureza do todo parecerá confusa. Isso destruiria a idéia toda. Provavelmente o aluno que assim procede achará tais descrições opacas, até que tenha realmente experimentado a coerência de todo o processo de projeto que ele próprio desenvolve. (Shön, 2000).

O aluno que sabe reconhecer a utilidade de um conteúdo pode aprender a experimentá-lo em meios diferentes e produzi-lo, e um professor (orientador ou mediador) poderá ajudá-lo a fazê-lo. Entretanto, se um aluno ainda não sabe como reconhecer a qualidade particular do projeto de um objeto, não lhe será muito útil o orientador fazê-lo somente através de descrições verbais, pois o aluno pode não ser capaz de entender as atividades experienciadas durante o processo de conhecer.

Ao fazer essas coisas, naturalmente, a instrução do aluno é uma forma de orientação: ela ajuda o aluno a aprender a reconhecer a direção dos objetos e de como representá-los, guiando-se através de um tipo particular de aprendizagem no fazer. (Shön, 2000).

Assim procedendo, os alunos se sentem, autônomos, livres, seguros, capazes. Sua auto-estima se eleva, sentem-se controladores do ato de projetar, descrevem a geometria dentro de uma nova concepção, a partir de sua imagem e semelhança; os alunos percebem uma ligação muito estreita entre o objeto real e a projeção desse objeto e sentem uma mudança interna. Não vêem mais distância entre a sua construção (do

aluno) e a construção do mundo dos objetos, mas o compreendem como uma construção num sentido contínuo sem interrupções. O aluno então, passa a ter uma compreensão mais profunda da realidade, passa a perceber a importância de trabalhar a geometria dentro dos conteúdos propostos, que não são rígidos, apenas ordenados de forma seqüencial para poderem ser compreendidos, e que alguns procedimentos podem ser dispensados caso não sejam necessários à realização da tarefa. Além destes, são acrescentados outros, sob argumentos sociológicos e epistemológicos, associados à finalidade última do ensino e à necessidade de oferecer modelos que permitam interpretar a realidade em sua totalidade. Promover uma coerência entre as intenções formativas e os meios que dispomos para alcançá-los é o nosso papel como educadores.

Kilpatrick (apud Zabala, 1998, p.149), concede uma grande importância ao trabalho de iniciativa individual, ao fato de que se aprende fazendo. Para ele, o objetivo da educação consiste em aperfeiçoar a vida em todos os aspectos, sem outras finalidades transcendentes. A finalidade da escola deve ser ensinar a pensar e atuar de maneira inteligente e livre. Por isso, os programas precisam ser abertos, críticos e não dogmáticos, baseados na experiência social e na vida individual. Kilpatrick “entende o método como uma adaptação da escola a uma civilização que muda constantemente”.

Este processo de sistematização deu lugar a alguns projetos de ‘objetos complexos’ que exibiremos a seguir:

Figura 6.8. Sólido. Fonte: Autora.

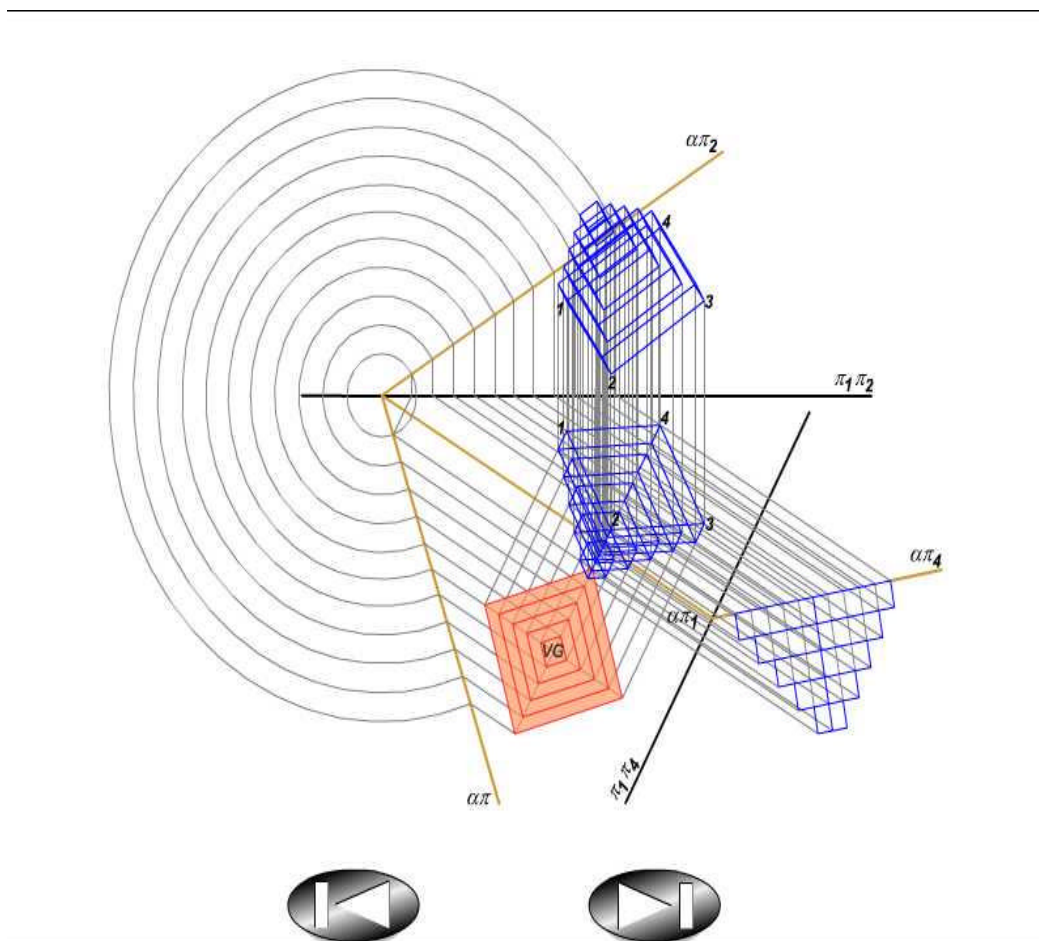


Figura 6.8. Piramide escalonada. Fonte: Autora.

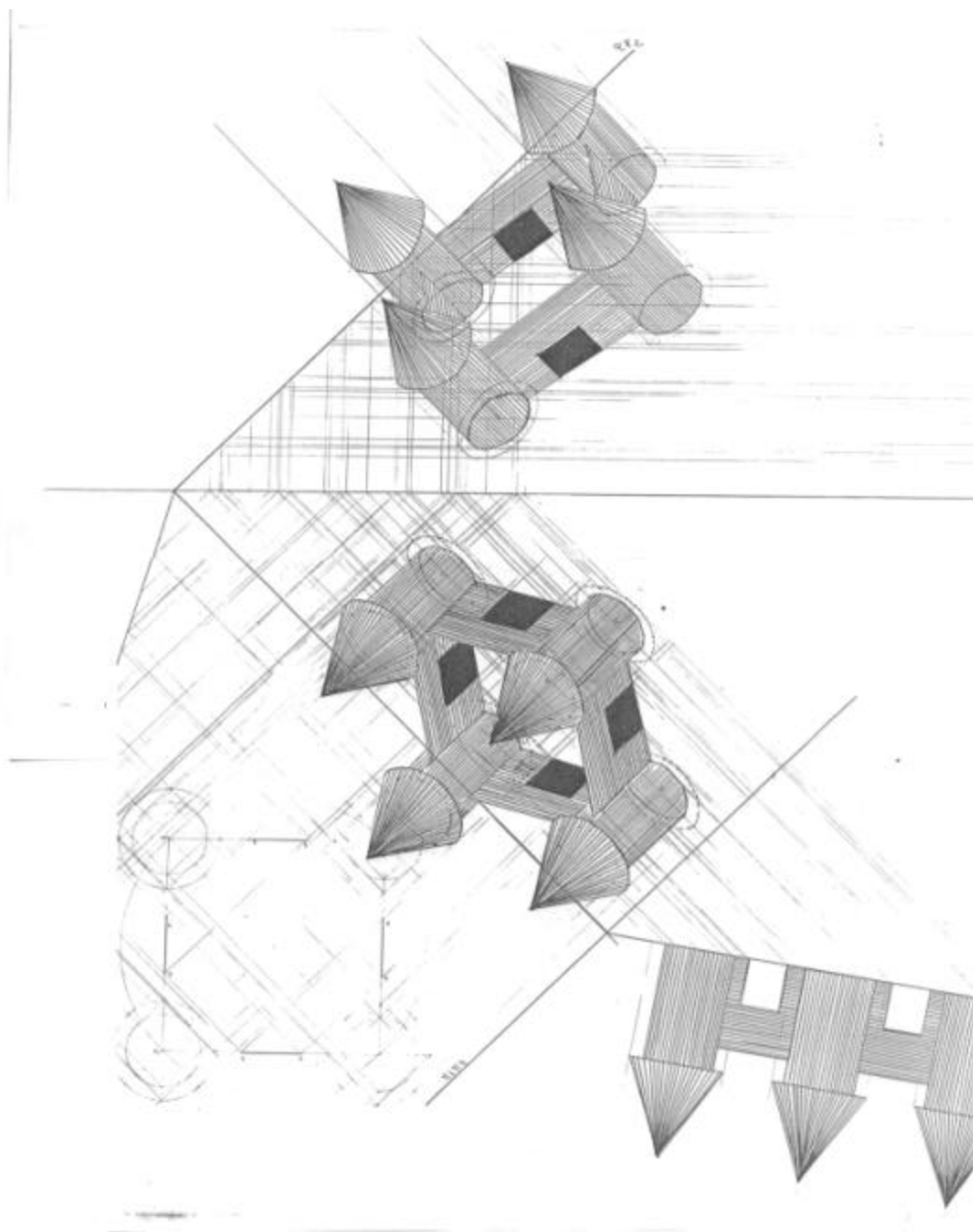


Figura 6.9 . Castelo. Fonte: Autora

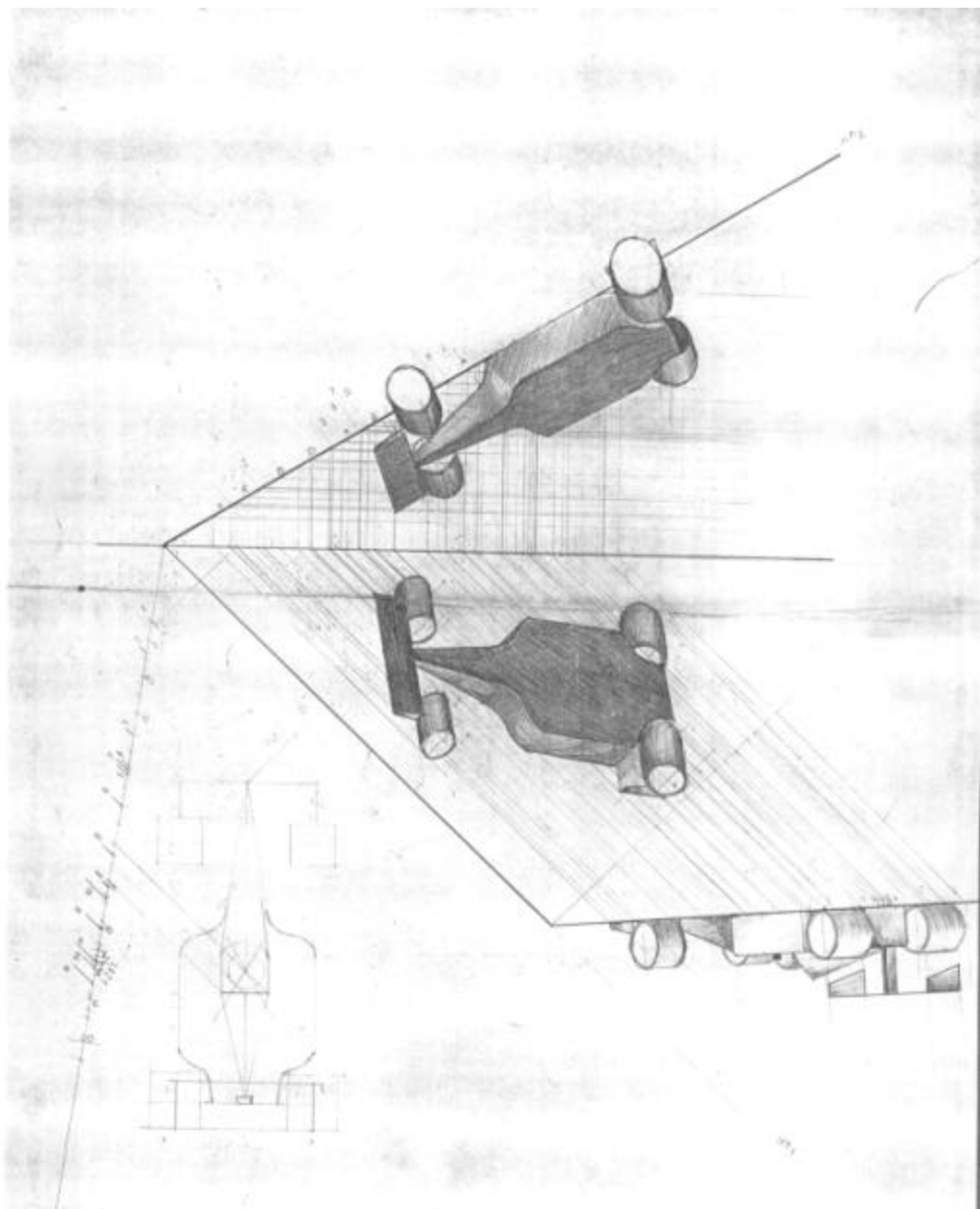


Figura 6.10 . F1. Fonte: Autora

CAPÍTULO 7. CONCLUSÃO, CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

7.1 Conclusão

Este trabalho de dissertação não pretendeu realizar um estudo crítico do ensino da Geometria Descritiva nem questionar os modelos ou as metodologias utilizadas no ensino da Geometria Descritiva. O objetivo foi o de desenvolver uma metodologia baseada na teoria da rotação mental associada ao método bi-projetivo de Monge, através da associação e internalização dos conteúdos ministrados, inter-relacioná-los de forma significativa e reflexiva, baseado em conhecimentos prévios, através de uma descoberta orientada, em um conhecimento disciplinar, interdisciplinar e multidisciplinar com intuito de desenvolver a cognição da imagem.

Compreender os mecanismos que o cérebro usa para processar a informação por meio da imagem, no reconhecimento de suas formas em várias orientações, baseado em teorias de como a mente faz para obter esse reconhecimento, mesmo que de modo superficial, facilita a compreensão dos mecanismos utilizados para o entendimento de uma metodologia de ensino aplicada no desenvolvimento de um método. O método, por sua vez, é o caminho alternativo, ligado aos conteúdos que facilita o processamento da informação.

A relação entre o cérebro, como processador da imagem e o método, como facilitador deste processo estabelece-se de acordo com contexto em que este método está inserido, na maneira como este método é conduzido dentro de regras bem elaboradas que proporcionem uma direção segura, sem fronteiras. As regras dos métodos, se bem conduzidas, são excelentes caminhos que conduzem à liberdade de criação.

Todo fazer exige seqüência, organização, isso não quer dizer alienação. Muito pelo contrário, isso quer dizer, aprender, através de conhecimentos prévios, assimilativos e significativos, para dar sentido. Ensinar nossos alunos a produzir é ensiná-los com significado. O valor de um conteúdo está no significado que esse

conteúdo tem para quem o utiliza e o que ele representa na construção do conhecimento, a partir do que podemos fazer com aquilo que estamos aprendendo. O conteúdo deve ser adaptado, dentro do possível, ao funcionamento do cérebro, e não o cérebro ao funcionamento do conteúdo. A maneira como desenvolvemos os conteúdos é que representa o processo cognitivo ou não.

É por esse motivo que foi feito um estudo sobre os vários órgãos que representam o funcionamento do processo cognitivo da imagem. Embasados nas teorias cognitivas e no estudo dos órgãos responsáveis pelo funcionamento da estrutura cognitiva, chegamos mais perto de uma prática educativa baseada num mundo de relações do conhecimento, que faz do fazer um mundo significativo.

E é dentro dessa concepção que tentamos desenvolver um novo contexto da Geometria Descritiva, associado a uma metodologia desenvolvida em etapas sucessivas, mostrando o desenvolvimento de cada parte, chegando a um todo simplificado e posteriormente a um todo complexo, baseado nas relações das mesmas partes, através de um corpo de conhecimento, conteúdos básicos (feedstock), que representa o alicerce da construção do mundo dos objetos, organizados em esquemas de conhecimento apenas com informações relevantes.

Para que possamos desenvolver um modelo de construção desses objetos e desenvolver nossa capacidade espacial, baseado no funcionamento do cérebro, facilitando o processo cognitivo da imagem; o sistema de projeção ortogonal, não pode tratar cada objeto que vemos como uma entidade única, diferente de tudo o mais no universo. O sistema de projeção ortogonal precisa mostrar a relação de semelhança existente entre os objetos simples e os objetos complexos, para que o aluno possa aplicar ao objeto a ser construído, o conhecimento que adquiriu anteriormente a respeito da representação do mundo dos objetos.

O sistema de projeção ortogonal não pode estar congestionado com trilhões de fatos. Tem estar equipado com uma lista menor de fatos ou verdades essenciais e um conjunto de regras para deduzir suas implicações. Mesmo as regras mais diretas, muitas vezes não conseguem captar nosso raciocínio cotidiano. Ainda que nós conseguíssemos estabelecer um conjunto de regras que originassem apenas conclusões (procedimentos) sensatas, não é nada fácil utilizar todas elas para guiar uma construção dos objetos. De nada adianta criarmos uma teoria maravilhosa se essa teoria não atinge o desenvolvimento do raciocínio espacial, que representa a construção de qualquer objeto, projetado em qualquer ângulo (apoiado em qualquer plano) e aplicado em qualquer tipo ou forma de objeto, em qualquer área do conhecimento humano.

O acúmulo de informações mal elaboradas e, conseqüentemente, mal compreendidas ameaça toda a estrutura de construção dos objetos através da representação de sua imagem. Isso não significa que coordenar e demonstrar a evolução do processo de construção seja direcioná-lo sem sentido ou avançar sempre na mesma direção. É portanto uma direção que busca dar sentido à conquista de outras direções. Mostra-se um dos caminhos onde é possível desenvolver o método de representação da construção da imagem, permitindo que o aluno conheça o sistema de representação, o que ele significa e saiba usá-lo com segurança na resolução de problemas, nas diferentes futuras representações, ou, diria ainda mais, em qualquer tipo de representação, buscando novos caminhos, apoiado em capacidades recém-descobertas de reunir, avaliar e distribuir informações gráficas necessárias à comunicação, nas mais diversas áreas do conhecimento humano. Essas informações gráficas são obtidas pelo desenvolvimento do raciocínio espacial através de imagens mentais e do desenvolvimento da construção que o indivíduo precisa fazer para poder conhecer.

Para compreender o método de representação da imagem, segundo os princípios da projeção ortogonal, temos *a priori* que considerar o sujeito que olha a imagem, aquele que constrói a imagem, o que chamamos de observador. O que é a imagem e como percebê-la, como já mencionamos anteriormente, é um processamento em etapas sucessivas, de uma informação que nos chega por intermédio da luz que entra em nossos olhos e é processada pelo nosso cérebro. Todo mundo sabe, mesmo que de modo

confuso, que o olho está equipado para a luminosidade e a cor dos objetos; poucos sabem que ele está também equipado para ver os limites espaciais desses objetos, suas bordas.

O que difere essa metodologia das demais é o funcionamento do ensino no processo de comunicação humana que, na inter-relação professor-aluno, se estabelece na dinâmica comunicativa. Para esta ótica, interessa a inter-relação que se produz entre pensamento e linguagem por sua incidência na configuração – criação, recriação, construção – perceptiva da realidade. Essa relação é questão fundamental para a compreensão dos processos de construção do conhecimento da realidade, como via do processo de construção pessoal, processo no qual se enfatiza o papel ativo do sujeito na elaboração e interpretação da informação. A partir desse enfoque moderado do construtivismo, admite-se então, nesta metodologia, a existência de uma realidade objetiva. Entendemos por realidade a produção da comunicação, quer dizer, a maneira como descrevemos a realidade e informamos a respeito dela. Porém o aluno tem que construir o conhecimento que se aproxime de tal realidade, processo de construção do conhecimento que requer interação do sujeito com o meio – realidade, mundo – e, através desta relação, o sujeito organiza o conhecimento desse meio. No entanto, este conhecimento depende não tanto das características objetivas de tal meio, mas mais da percepção que o sujeito tem delas e do sentido que lhes confere. E em função dessas percepções e dessas significações vai-se construindo um conhecimento a respeito do mundo dos objetos; é através do sentido que confere as percepções que o sujeito vai construindo “sua” realidade pessoal.

Com a combinação da neurociência e a tecnologia não será mais necessário invadirmos a individualidade dos alunos com direções pré estabelecidas. E sim, recorrer ao estudo do cérebro e seus segredos e que nos ajudarão a descobrir o que é aprender e o que é conhecer o mundo que nos rodeia.

Estamos ingressando na era do conhecimento, onde os prováveis desafios a serem enfrentados, não serão técnicos nem racionais, mas sim culturais, onde o homem

deve confiar mais em si próprio e na capacidade de aprender e nós educadores através da nossa experiência e das nossas pesquisas sabermos orientá-los no que for necessário.

Esta dissertação pretendeu, além dos estudos propostos, aproximar os entendimentos cerebrais à construção do mundo dos objetos, através do método de Monge, que nos auxilia no processo de como representar este mundo que foi criado à nossa imagem e semelhança. Mostrar ainda, o estreito caminho entre as duas criações e a cumplicidade necessária para que os dois mundos possam funcionar; pois o que seria de nós sem o mundo dos objetos e o que seria do mundo dos objetos sem nós? Se nós não tivéssemos nada para construir, talvez nosso sistema visual não teria sentido e nosso cérebro talvez não sobrevivesse.

Estudar o mundo dos objetos conjuntamente com o cérebro significa entender um pouco mais sobre a construção do objeto mais simples até o mais complexo, pois é deste objeto mais complexo a responsabilidade de entender o confuso mundo dos objetos que ele mesmo criou.

Não poderíamos deixar de fora o objeto maior que é a imagem de todo o processo cognitivo e que sem o seu entendimento seria impossível entendermos a cognição da imagem dos objetos.

No trabalho individual experienciado, os alunos devem estabelecer uma correspondência, uma identificação com o objeto anterior trabalhado conjuntamente com o professor, adaptando a ordem das idéias à ordem dos objetos conhecidos, não como um procedimento de cópia da realidade, mas, antes, um procedimento de representação da realidade. Na história das idéias e do conhecimento, a experiência condiciona nossas idéias de maneira que o mundo da experiência limita o conhecimento, sendo o que “sobrevive”, neste tipo de luta, é o conhecimento “mais ajustado” que sobrevive ao confrontar-se com o mundo da experiência.

O trabalho individual, experienciado em tudo isso, proporciona a inferência de novos conceitos aos nossos esquemas neurais o que nos leva ainda mais a uma simplificação.

Não há necessidade de buscar metodologias sofisticadas, complexas, mas buscar métodos que simplifiquem cada vez mais os conteúdos necessários a construção pessoal. O aluno precisa sentir a importância disso dentro da prática educativa e profissional o que possibilitará o armazenamento na memória de longo termo o maior número possível de informações, com maior clareza, de aplicações generalizadas, dentro de um menor espaço.

Talvez este seja o início de um dos caminhos da desmistificação do mistério de aprender. Aprender mais através de nossas redes neurais mas economizando nossas redes neurais para que elas possam aprender ainda mais.

A consciência dos alunos a respeito da estrutura do conteúdo será conquistada quando os mesmos perceberem as relações entre seus elementos e as funções que compõem o sistema cognitivo com o mundo do conhecimento. Nesse momento, o aluno passa a conhecer as próprias habilidades e pode definir, por si próprio, de que maneira pode ajudar o próprio cérebro a completar o ciclo de evolução e compreensão do conhecimento.

Desde o aparecimento dos trabalhos de Ramón y Cajal, dispomos hoje de um conhecimento bastante preciso do funcionamento cerebral e de suas unidades básicas, bem como das reações químicas que nele ocorrem. Sabemos que o cérebro é uma máquina complexa resultante da reunião de elementos fundamentais: o neurônio ou unidade básica, as sinapses ou conexões entre os neurônios e as ligações químicas que ali ocorrem, através de neurotransmissores e receptores. Essas combinações o tornam uma máquina extremamente poderosa, na medida que são capazes de gerar configurações e arranjos variados num número astronômico.(Teixeira, 2000).

7.2 Considerações finais

Para que possamos planejar a construção de ambientes de aprendizagem coerentes com as necessidades atuais, é preciso levar em consideração os novos cenários mundiais que sinalizam inúmeras e significativas mudanças, bem como o paradigma científico decorrente da nova cosmologia, cujos princípios influenciam também nas questões epistemológicas e, conseqüentemente, na própria educação. Todos esses aspectos provocam alterações nos processos de construção do saber, no modo como concebemos a escola, na maneira como pensamos, conhecemos e apreendemos o mundo. Esses princípios também nos alertam para o surgimento de um novo tipo de gestão social do conhecimento, apoiado num modelo que já não é mais lido e interpretado como um texto clássico, mas corrigido e interpretado de forma interativa. Todos esses aspectos requerem uma nova agenda educacional, mais atualizada e coerente com as novas demandas da sociedade. Não podemos mais continuar produzindo uma educação dissociada do mundo e da vida, fora de sua realidade, que produz seres incapazes de pensar, de construir e reconstruir conhecimento, de realizar descobertas científicas, e que, na verdade, estão impossibilitados de serem contemporâneos deles mesmos.

Ao lado dos novos cenários mundiais e de suas implicações educacionais, é importante destacar as alterações ocorridas no paradigma da ciência e a relação dialética existente entre o modelo científico e os enfoques epistemológicos presentes nas atividades pedagógicas. Na prática do professor, encontra-se subjacente um modelo de educação fundamentado em determinadas teorias e, em decorrência, um certo modelo de escola. O paradigma da ciência que explica a nossa relação com a natureza, com a própria vida, também esclarece a maneira como aprendemos e compreendemos o mundo, e nos dá uma indicação mais precisa de como o indivíduo ensina e constrói o conhecimento.

O universo do conhecimento não funciona se não dermos um significado e um sentido ao processo . O que, o como e para quê! Qual é o nosso papel na busca do conhecimento; e entender que a informação não é conhecimento. Conhecimento é quando encontramos o domínio e a liberdade para a sua aplicação sem limites. É quando aprendemos a pensar de um modo diferente, a pensar naquilo que conhecemos.

Percebemos a importância do conhecimento, quando nos sentimos estimulado dentro do próprio processo, e isso conseqüentemente, nos faz avançar.

Enquanto os cientistas desenvolvem estudos sobre a cognição, aquisição de conhecimentos, percepção e representação dos objetos, nós educadores devemos buscar desenvolver modelos que procurem colocar o homem como desbravador do processo e não como um conquistador do quase impossível e inatingível conhecimento, fora de nós mesmos. É possível adquirir conhecimento através da tecnologia humana e dela partir para as tecnologias mecânicas, informatizadas que são maravilhosas e nos auxiliam no entendimento de nós mesmos. É um mundo dinâmico constituído de uma grande teia de relações e de interconexões, com sérias implicações nos sistemas econômicos, políticos, tecnológicos e sociais.

O indivíduo constrói o conhecimento a partir das interações energéticas que ocorrem entre o ambiente e o pensamento e, desta forma, resgata a visão de contexto, revelando que os indivíduos são o que são dentro de determinados contextos, podendo e devendo ser compreendidos a partir de suas conexões e de suas relações com a sua realidade contextual. Isso implica em que a educação promova o respeito às diferenças, à diversidade entre os seres, às variações culturais e aos diferentes processos de desenvolvimento humano. Outros aspectos relevantes para o desenvolvimento da educação são a reintegração do sujeito no processo de construção do conhecimento, sendo este algo que está sempre em processo de vir-a-ser. Esses aspectos requerem filosofias educacionais, modelos pedagógicos, teorias e práticas mais compatíveis com este novo modelo da ciência.

O novo paradigma de Educação proporciona, um novo modelo de ciência. O novo modelo da ciência trouxe também o conceito de auto-organização inerente a todos os seres vivos. Esse conceito decorre da concepção sistêmica da vida e dos processos de realimentação e de auto-regulação existentes na natureza, onde todos os aspectos constituintes estão interligados em rede. Para Capra (1997), o padrão da vida é o conceito de uma

rede capaz de auto-organizar-se. É a própria natureza que, por si mesma, produz a ordenação dos fenômenos. Para Prigogine (1996), ela é constituída por estruturas dissipadoras de energia, sistemas abertos considerados complexos organizacionais sem equilíbrio, ou quase sem equilíbrio, e que funcionam à margem da estabilidade, cuja evolução explica-se pelas flutuações de energia que, em determinados momentos, desencadeiam espontaneamente reações que reorganizam todo o sistema num outro nível.

O processo de auto-organização da natureza implica em autonomia gerada a partir da interação do indivíduo com o meio-ambiente, o que não era possível no paradigma tradicional já que sujeito e objeto estavam separados por uma cortina de ferro intransponível.(Morin,1996). A autonomia decorre da capacidade de auto-organização existente na natureza, que trabalha para construir e reconstruir sua própria autonomia e, nessa operação, consome energia proveniente das interações com o meio-ambiente. Para que haja auto-organização é preciso a ocorrência de perturbações, desafios, problemas e turbulências, que estimulem a reação do organismo em relação ao meio-ambiente.

De uma ciência clássica que excluía o pensador de seu próprio pensar, que separava o construtor de sua própria obra, o novo paradigma revelou que essa dicotomia entre sujeito/objeto já não era possível.

Assim, a ciência atual reintegrou o sujeito no processo de observação científica, a partir da compreensão de que o conhecimento do objeto depende do que ocorre dentro do sujeito, de seus processos internos. Desta forma, cada aprendiz organiza a sua própria experiência e o conhecimento é, portanto, produto de uma relação indissociável entre essas variáveis. Conseqüentemente, cada indivíduo aprende de uma maneira que lhe é específica.

Essa nova percepção do mundo e da vida rejeita o princípio da separatividade estabelecido pelo paradigma tradicional, capaz de dividir realidades inseparáveis, como sujeito e objeto, mente e corpo, cérebro e

espírito, consciente e inconsciente, cérebro direito e esquerdo, indivíduo e seu contexto, o ser humano e o mundo da natureza. Enfatiza o estado de inter-relação e de interdependência essencial a todos os fenômenos físicos, econômicos, biológicos, sócio-culturais e, dentre eles, os psicológicos e educacionais. Tudo está relacionado, conectado e em renovação contínua. O todo é a coisa fundamental. Todas as propriedades fluem de suas relações. O universo é, portanto, relacional.

7.3 Sugestões para os futuros trabalhos

- Desenvolvimento de mais pesquisas a respeito dos conhecimentos epistemológicos no processo de ensino-aprendizagem da Geometria Descritiva.
- Estudo comparativo das estratégias pedagógicas mais eficientes para aplicação na construção dos objetos com o propósito de fornecer parâmetros para um planejamento mais adequado no processo de desenvolvimento cognitivo da imagem.
- Desenvolvimento de outras experiências com seres humanos, além das estudadas por Marr, Cooper, Shepard, Tarr e Pinker.
- Estudos experimentais sobre a influência da imagem no cotidiano do ser humano, no processamento da informação.
- Estudos sobre os efeitos das informações gráficas no cérebro, quais áreas são mais ativadas, de que forma elas são mais ativadas e se as mesmas provocam maior plasticidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUMONT, Jaques. **A Imagem**. Jaques Aumont. Tradução: Estela dos Santos Abreu. Campinas, São Paulo: Papyrus, 1993.
- CARDOSO, Sílvia Helena. URL:<http://www.epub.org.br/cm/home.html>, acessado 04/04/2000).
- CARDOSO, Sílvia Helena. URL:http://www.upud.org/cm/01/Amb_evn/cer_amb.html, acessado em 04/04/2000.
- CARDOSO, Sílvia Helena & SABBATINI, Renato M. E. URL: <http://www.epub.org.br/cm/06/opinião/interdisc.html>, acessado em 03/03/2000.
- CAPRA, F. **A teia da vida**. São Paulo: Ama na/Cultrix. 1997.
- CASAS, Luis Alberto Afaro. **Contribuição para a modelagem de um ambiente inteligente de educação baseado em realidade virtual**. Florianópolis, 1999, Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) PPEGP/UFSC, 1999.
- DEGROOT, Jack. **Neuroanatomia**. Ed.21. Rio de Janeiro: Guanabara, 1994.
- FLAVELL, John H. MILLER, Patrícia H.Miller Scott A. **Desenvolvimento Cognitivo**. Tradução Cláudia Dornelles. Porto Alegre: Editora Artes Médicas do Sul Ltda, 1999.
- FIALHO, Francisco Antônio Pereira. **Introdução ao Estudo da Consciência**. Curitiba: Genesis, 1998.
- FIALHO, FRANCISCO Antônio Pereira. SANTOS, Neri dos. **As Atividades Cognitivas. Uma Introdução à Engenharia do Conhecimento**. Material didático apresentado na disciplina Introdução a Ergonomia Cognitiva. Junho, 1999.
- GLASERSFELD, V. E. **Introducción al construtivismo radical, en Watzlawick, P.: La realidad inventada**. Gedisa. Barcelona. 1990.
- JAPIASSÚ, Hilton. **Introdução ao pensamento epistemológico**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1993).

- KANDEL, Eric R, SCHWARTZ, JAMES h., Jessel, Thomas M. **Pinciples os neural science**. 3° ed. USA: Prentice-Hall, 1991.
- MILES, Leland. **Renaissance and academe: the elusiveness of the Da Vinci ideal**. Phi Kappa Phi, 1989.
- MIGUET, Pilar Aznar et al. **A Construção do Conhecimento na Educação**. Tradução: Juan Acuña Llorens. Porto Alegre RS: Artes médicas do Sul Ltda, 1998. (Título original: Construtivismo y educación. Tirant lo Blanch, 1992).
- MONTAGNO, Elson de Araújo. [URL:http://www.epub.org.br/cm/n01/elson3.html](http://www.epub.org.br/cm/n01/elson3.html) (acessado em 20/04/2000),
- MORIN, E. **Epistemologia da complexidade**; In D. F. Schnitman (org.) **Novos paradigmas, e cultura e subjetividade** Porto Alegre:Artes Médicas. 1996.
- NISSANI, Moti. **Fruits, salads, and smoothies: a working definition of interdisciplinarity**. Journal of Educational Thought 26: 2, 1995.
- PINKER, Steven. **Como a Mente Funciona**. Tradução Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 1998. (Título original: How the mind works).
- POZO, Juan Ignácio. **Teorias cognitivas de Aprendizagem** Tradução. Juan Acuña Llorens . 3° ed. Porto Alegre : artes Médicas, 1998.
- PRIGOGINE, I. **O reencantamento da natureza** In R. Werber (org), **Diálogos com cientistas e sábios:A busca da unidade perdida**. São Paulo: Cultrix. 1986.
- REGO, Teresa Cristina. **Vygostsky: Uma Perspectiva Sócio Cultural da Educação**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 1995.
- SACKS, Oliver W. **Um Antropólogo em Marte: Sete Histórias Paradoxais**. tradução Bernardo Carvalho. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.
- SABBATINI, Renato M. E. URL: <http://www.epub.org.br/cm/n04/opiniao/izquierdo.html> acessado em 20/10/1999.
- SABBATINI, Renato M.E. **Cérebro e Mente**. URL: <http://www.estado.com.br/especial/ciência/cerebro/cere14.html>, (acessado em 04/04/2000).
- SANTOS, Boaventura de Souza. **Introdução a uma Ciência Pós-moderna**. Rio de Janeiro:Graal, 1989.

- SHÖN, Donald A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e aprendizagem**. Tradução: Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: Arte Médicas Sul, 2000.
- SOUZA, Antônio Carlos. **Considerações Metodológicas sobre a Elaboração de um Cursos a Distância: o exemplo de um Curso de CaD Suportado pela Internet**. Florianópolis, 1999, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) PPEGP/UFSC, 1999.
- TAFNER, Malcon Anderson. **Redes Neurais Artificiais. Como funciona o sistema nervoso**. URL: <http://www.epub.org.br/cm/05/tecnologia/nervoso.html>, (acessado em 15/05/2000).
- TEIXEIRA, João Fernandes. **Mente, cérebro e cognição**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2000.
- ZABALA, Antônio. **A Prática Educativa: como ensinar**. Tradução: Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre. RS: ArtMed, 1998.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, M.E.T.M.P. **Informática e educação: Diretrizes para um formação reflexiva de professores.** São Paulo: PUC Tese de Mestrado, 1996.
- ANTUNES, Celso.A **Inteligência Emocional na Construção do novo Eu.** Editora Vozes Ltda. Petrópolis. Rio de Janeiro, 1997.
- BARROS, L. ARCOO. **Sistema de apoio à aprendizagem cooperativa distribuída.**In: Anais do VI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Florianópolis: SBC: UFSC;EDUGRAF. 1995.
- BEEKMANN, G. **Computer currents: Navigating tomorrow's technology.** Redwood City. The Benjamin-Cummings Publishing Co. Inc. 1994.
- BOHM, D. **A totalidade e a ordem implicada: Uma nova percepção da realidade.** São Paulo: Cultrix.1992.
- BUSTAMANTE, S. B. V. **Cibernética, inteligência e criatividade: Uma análise do pensamento em ambientes computacionais de aprendizagem.** Petrópolis: Universidade Católica de Petrópolis. (Dissertação de Livre Docência).1992.
- CARDOSO, Armando. **Elementos da Geometria Descritiva** Amadora Bertrand, 1976.
- CHARDIN, T. **O fenômeno humano.** São Paulo: Cultrix. 1989.
- D'AMBRÓSIO, Ubiratan. **Transdisciplinariedade.** São Paulo: Editora Palas Athena, 1997.
- DOWBOR, L. **O espaço do conhecimento.** São Paulo: Editora Mimeo, 1993.
- FAGUNDES, L.C.**Informática e o processo de aprendizagem.** Revista Psicologia: reflexão e crítica, Vol 5, nº 1, Porto Alegre: UFRGS.1993.
- GARDNER, H. **Estruturas da mente: A teoria das inteligências múltiplas .** Porto Alegre: Artes Médicas Sul.1994.
- HERRERO, Miguel Bermejo. **Geometria Descritiva Aplicada.** Publicaciones de La Universidad de Servilha. Urmo, S. A. de Ediciones.
- LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática** Rio de Janeiro: Nova Fronteira.1994.

- MORAES, M.C. **O paradigma educacional emergente**, São Paulo: Papirus. 1997.
- MORIN, E. **O Método III: O conhecimento do conhecimento**. Portugal: Europa - América. 1997.
- MONTENEGRO, Gildo A. **Geometria Descritiva**. São Paulo: Editora Edgard Ltda, 1991.
- PECHURA, Constance M. and Martin, Joseph B. **Mapping the Brain and its Functions**. National Academy Press, Washington, DC, 1991. [URL: http://www.nap.edu/bookstore/isbn/0309044979.html](http://www.nap.edu/bookstore/isbn/0309044979.html), acessado em 20/04/2000).
- PRIGOGINE, I., & Stengers I. **A nova aliança: Metamorfose da ciência**. Brasília: Editora UNB. 1991.
- PRIGOGINE, I. **O fim da ciência**, In D.F.Schmitman, **Novos paradigmas, cultura e subjetividade**, Porto Alegre: Artes Médicas. 1996.
- RORIGUES, Álvaro. **Geometria Descritiva** Ao livro Técnico. Rio de Janeiro. 1975.
- SANTAROSA, L.M.C. et al. **Ambiente hipermedia/multimídia no desenvolvimento cognitivo e construção da leitura e escrita**, In Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Florianópolis: SBC:UFSC: EDUGRAF. 1995.
- UNESCO. **Educação: um tesouro a descobrir**. Relatório Internacional sobre a educação para o século XXI: edições ASA. Portugal. 1996.
- VALENTE, J. A. **Por que computadores na educação? Computadores e conhecimento: repensando a educação**. Campinas: UNICAMP. 1993.
- WELMAN, B. Leighton. **Geometria Descritiva**. Rio de Janeiro: Reverte. 1970.