

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO  
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO  
LINHA DE INVESTIGAÇÃO: EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

**DO ENSINO DE CIÊNCIAS  
COMO MUDANÇA  
CONCEITUAL À FRONTEIRA  
DE UMA ABORDAGEM  
AFETIVA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.  
Orientador: **Prof. Dr. Maurício Pietrocola**

FLÁVIA MARIA TEIXEIRA DOS SANTOS

-FLORIANÓPOLIS-  
1996



A os meus pais,  
com carinho.

## A real Criatividade e Paciência no Trabalho

*A mão do divino artista trabalha muitas vezes como se estivesse insegura de seu gênio e seu material. Ela parece tocar e testar e deixar, apanhar e jogar fora e de novo apanhar, elaborar e falhar e remendar e juntar e de novo apanhar, elaborar e falhar e remendar e juntar os pedaços novamente. Surpresas e decepções são a norma de seu trabalho antes de todas as coisas estarem prontas. O que tinha sido escolhido é atirado no abismo da reprovação; o que tinha sido rejeitado, torna-se a pedra fundamental de um poderoso edifício. Mas, atrás de tudo isto está o olho seguro de um conhecimento que ultrapassa nossa razão e o lento sorriso de uma habilidade infinita.*

*Deus tem todo o tempo diante de si e não precisa estar apressado. Ele está seguro de seu objetivo e sucesso e não se importa em quebrar seu trabalho cem vezes para levá-lo mais perto da perfeição. Paciência é nossa primeira lição necessária, mas não a nublada lentidão de se movimentar do tímido, do cético, do enfadado, do preguiçoso, do sem-ambição ou do fraco de espírito; uma paciência cheia de calma e reunindo força que observa e se prepara*

*para a hora de grandes e rápidos golpes,  
poucos mais suficientes para mudar o  
destino.*

**Sri Aurobindo**

# SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>CONSTRUTIVISMO: PERSPECTIVA CONTEMPORÂNEA DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO.....</b>	<b>8</b>
1.1 - A ABRANGÊNCIA CONSTRUTIVISTA.....	8
1.2 - CONSTRUTIVISMO NA EDUCAÇÃO : ARQUEOLOGIA.....	11
1.3 - CARACTERÍSTICAS DO CONSTRUTIVISMO NA PESQUISA EM EDUCAÇÃO E CIÊNCIA.....	15
1.4 - CONSTRUTIVISMO NA SALA DE AULA.....	19
1.4.1 - <i>Estratégias de ensino baseadas no estabelecimento de conflitos cognitivos X estratégias baseadas em analogias e metáforas.....</i>	<i>21</i>
1.4.2 - <i>O psicologismo cognitivista das abordagens construtivistas em ensino de ciências.....</i>	<i>26</i>
1.5 - PESQUISAS CONSTRUTIVISTA NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UM CAMPO AGONIZANTE? .....	32
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>O MOVIMENTO DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS ENFOQUE CONSTRUTIVISTA NA PESQUISA EM EDUCAÇÃO E CIÊNCIA.....</b>	<b>37</b>
2.1 - DELIMITANDO O CAMPO.....	37
2.2 - SURGIMENTO DO MCA - UM ROMPIMENTO COM IDÉIAS PIAGETIANAS.....	40
2.3 - CARACTERÍSTICAS DAS CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES.....	44
2.3.1 - <i>Uma aproximação com a análise piagetiana.....</i>	<i>44</i>
2.3.1.1 - <i>Egocentrismo e Realismo da Criança.....</i>	<i>45</i>
2.3.1.2 - <i>Animismo Infantil.....</i>	<i>46</i>
2.3.1.3 - <i>Causalidade na Criança.....</i>	<i>47</i>
2.3.2 - <i>Os Resultados de Pesquisa.....</i>	<i>51</i>
2.3.3 - <i>À Procura das Concepções Alternativas - Questões Metodológicas.....</i>	<i>56</i>
2.4 - OUTRAS CONTRIBUIÇÕES DO MCA À DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS: PARA ALÉM DAS INVESTIGAÇÕES SOBRE AS CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES.....	59
2.4.1 - <i>Questões Curriculares.....</i>	<i>60</i>
2.4.2 - <i>História da Ciência.....</i>	<i>61</i>
2.4.3 - <i>Concepções dos Professores.....</i>	<i>62</i>
2.5 - ABORDAGENS PARA O TRATAMENTO DAS CONCEPÇÕES INVESTIGADAS: LINHAS EVOLUCIONÁRIAS (EVOLUÇÃO CONCEITUAL) E LINHAS REVOLUCIONÁRIAS (MUDANÇA CONCEITUAL) .....	63
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>MUDANÇA CONCEITUAL DE POSNER, STRIKE, HEWSON E GERTZOG: “ACCOMMODATION OF A SCIENTIFIC CONCEPTION: TOWARD A THEORY OF CONCEPTUAL CHANGE”*</b> .....	<b>66</b>
3.1 - MUDANÇA CONCEITUAL: SINÔNIMO DE APRENDER CIÊNCIAS.....	66
3.2 - O MODELO.....	67
3.3 - CRÍTICAS AO MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL .....	71
3.4 - ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS DA MUDANÇA CONCEITUAL .....	75
3.4.1 - <i>Ecologia Conceitual: uma aproximação às teses de Stephen Toulmin.....</i>	<i>75</i>
3.4.2 - <i>O processo “revolucionário” da Mudança Conceitual.....</i>	<i>78</i>
3.4.2.1 - <i>Kuhn : ciência normal e ciência revolucionária.....</i>	<i>79</i>
3.4.2.2 - <i>Lakatos : programas de pesquisa.....</i>	<i>80</i>
3.4.3 - <i>Algumas impressões.....</i>	<i>82</i>
3.5 - ASPECTOS PSICOLÓGICOS DA MUDANÇA CONCEITUAL.....	83
3.5.1 - <i>Aproximações a David Ausubel e Jean Piaget.....</i>	<i>84</i>

---

\* “ACOMODAÇÃO DE UM CONCEITO CIENTÍFICO: EM DIREÇÃO A UMA TEORIA DE MUDANÇA CONCEITUAL”

3.5.2- A orientação psicológica .....	87
3.6 - A REFORMULAÇÃO DA TEORIA DA MUDANÇA CONCEITUAL .....	87

#### **CAPÍTULO 4**

<b>PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS: OUTRAS PERSPECTIVAS.....</b>	<b>91</b>
4.1 - DEMARCAÇÕES INICIAIS .....	91
4.2. - “MUDANÇA CONCEPTUAL NA SALA DE AULA - UM DESAFIO PEDAGÓGICO” DE MARIA EDUARDA VAZ MONIZ DOS SANTOS.....	93
4.2.1 - <i>Tempos de Psicanálise e de Psicossíntese</i> .....	94
4.2.2 - <i>Avanços proporcionados por Santos, M. (1991): algumas considerações</i> .....	97
4.3 - O MODELO DIDÁTICO DE APRENDIZAGEM ALOSTÉRICA DE ANDRÉ GIORDAN .....	98
4.3.1- <i>O modelo</i> .....	99
4.3.2- <i>Alguns comentários</i> .....	101
4.4 - DA MUDANÇA CONCEITUAL À COMPLEXIFICAÇÃO CONCEITUAL DE MARIE LAROCHELLE E JACQUES DÉSAUTELS.....	103
4.4.1 - <i>Da Mudança Conceitual à Complexificação Conceitual</i> .....	103
4.4.2 - <i>A noção de perfil epistemológico: uma aproximação necessária à Bachelard</i> .....	104
4.4.3 - <i>As estratégias propostas para a promoção de uma complexificação conceitual</i> .....	106
4.4.4 - <i>Conexões e avanços em ralação à proposta da mudança conceitual</i> .....	108
4.5 - “A NOÇÃO DE PERFIL CONCEITUAL COMO ALTERNATIVA PARA A CONSTRUÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE ENSINO E DE ANÁLISE DA EVOLUÇÃO CONCEITUAL”: EDUARDO FLEURY MORTIMER.....	109
4.5.1 - <i>A noção de perfil conceitual: abordagem e tratamento</i> .....	111
4.5.2 - <i>Discutindo as contribuições da abordagem de perfis conceituais para a pesquisa em ensino de ciências</i> .....	114
4.6 - ALGUMAS OUTRAS POSSIBILIDADES.....	114

#### **CAPÍTULO 5**

<b>AFETIVIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UMA QUESTÃO INEVITÁVEL E DESAFIADORA.....</b>	<b>118</b>
5.1- DESMISTIFICANDO A RELAÇÃO ENTRE RAZÃO E AFETIVIDADE.....	119
5.1.1 - <i>Utilizando uma ilustração</i> .....	119
5.1.2 - <i>O reducionismo da análise racionalista</i> .....	122
5.1.3 - <i>A emoção e o sentimento como mecanismos de regulação biológica</i> .....	123
5.2 - A AFETIVIDADE NA PESQUISA E NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	127
5.2.1 - <i>A questão da racionalidade científica</i> .....	127
5.2.2 - <i>A abordagem afetiva nas discussões psico-educativas</i> .....	128
5.2.2.1 - <i>Piaget e o juízo moral na criança</i> .....	129
5.2.2 - <i>Vygotsky e a construção da consciência</i> .....	130
5.2.2.3 - <i>Wallon: o desenvolvimento a partir das construções afetivas</i> .....	132
5.2.3 - <i>UMA ORIENTAÇÃO PSICOLÓGICA</i> .....	133
5.3 - PESQUISAS EM ENSINO DE CIÊNCIAS ENVOLVENDO A QUESTÃO DA AFETIVIDADE.....	134
5.3.1 - <i>A mudança conceitual e a questão da motivação</i> .....	135
5.3.2 - <i>Outros ingredientes do domínio afetivo</i> .....	138
5.4 - A AFETIVIDADE NAS RELAÇÕES QUE PERPASSAM O ENSINO DE CIÊNCIAS.....	140
<i>A relação afetiva estabelecida entre o indivíduo e o conhecimento</i> .....	141
<i>A sala de aula como espaço coletivo de aprendizagem</i> .....	142
<i>As relações afetivas do indivíduo com a comunidade escolar</i> .....	143
<i>As relações afetivas entre professor e estudante</i> .....	144
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>146</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>150</b>

## Índice de Figuras

FIG. Nº 01 - ESTRUTURA GERAL DO MODELO DE APRENDIZAGEM POR MUDANÇA CONCEITUAL (SANTOS, M., 1991, P.207).....	94
FIG. Nº 02 - PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO RADICAL DA ESTRUTURA CONCEITUAL DO ALUNO .....	100
FIG. Nº 03 - A INFORMAÇÃO OCUPA O LUGAR ESPECÍFICO NA REDE CONCEITUAL DO ALUNO .....	100
FIG. Nº 04 - A INFORMAÇÃO NÃO PODE SE INSCREVER DIRETAMENTE NA LINHA DE CONHECIMENTO DO ALUNO .....	101
FIG. Nº 05 - A RESTRUTURAÇÃO DO PENSAMENTO DO ALUNO.....	101
FIG. Nº 06 - O PERFIL EPISTEMOLÓGICO DE BACHELARD EM RELAÇÃO AO CONCEITO DE MASSA (BACHELARD, 1940, P. 41).....	105



## RESUMO

A visão Construtivista no Ensino de Ciências transformou-se na *força motriz* das pesquisas envolvendo as concepções dos alunos e professores, relacionando-as aos conteúdos científicos estudados durante o processo de escolarização. O Construtivismo instalou na pesquisa em ensino de ciências uma nova visão para o processo ensino-aprendizagem, tornando-se a ideologia dominante na pesquisa em educação matemática e em ensino de ciência.

Essas pesquisas construtivistas envolveram um amplo espectro de visões, metodologias, referenciais e promoveram, conseqüentemente, diferentes abordagens para o tratamento das concepções; ou seja, diferentes modelos de ensino-aprendizagem de ciências. Dentre essas abordagens, o modelo de Mudança Conceitual de Posner et al. (1982) foi, sem dúvida, o mais utilizado nas últimas décadas; de forma que *aprender ciências tornou-se sinônimo de mudança conceitual*.

Este trabalho discute criticamente a pesquisa construtivista em ensino de ciências e o modelo de Posner et al.(1982), apontando as deficiências epistemológicas e psicológicas desse modelo.

A partir das críticas apontadas, são discutidas outras abordagens de pesquisa que promoveram avanços na análise do processo educacional. Assim, no Capítulo 4, discutiremos a noção de “Perfil Conceitual” formulada por Mortimer (1994a), o “Modelo Alostérico de Aprendizagem” proposto por Giordan (1989), a idéia de “Complexificação Conceitual” de Désautels e Larochelle (1992), e uma nova abordagem para as estratégias de “Mudança Conceitual” propostas por Santos, M. (1991), à luz da epistemologia bachelardiana.

Em uma última análise, o papel da afetividade no ensino-aprendizagem de ciências é recuperado na abordagem educacional como um dos principais fatores da relação escolar. Um aspecto humano, determinante de suas relações sociais e escolares, que parece desconsiderado ou minimizado nas abordagens de pesquisas em Educação e Ciência, mas que é fundamental numa escola preocupada com a formação integral do indivíduo.

## ABSTRACT

Constructivism became the most important reference for researches in Science and Mathematics Education, relating students' and teachers' conceptions to school contents and installing a new vision on teaching and learning process.

These constructivist researches covered many points of view, methodologies, references, and promoted different approaches to conceptions' dealing, it means, different science teaching and learning models. Among them, the *Conceptual Change Model* from Posner et al. (1982) surely was the most used in the last decades: learning science became synonym of conceptual change.

This work critically discusses constructivist research on science learning and the Posner et al.'s Model, pointing to its epistemological and psychological lacks. From the pointed critics, another important research approaches to educational process are discussed: Mortimer's (1994a) *Conceptual Profile*, Giordan's (1989) *Allosteric Learning Model*, Désautels and Larochelle's (1992) *Conceptual Complexification* and Santos' (1991) *Conceptual Change Approach*, inspired in the Bachelardian epistemology.

At last, the importance of affectivity in the science teaching and learning process is recovered as one of the most important factors of the school relationships. Affectivity is minimized or even not considered on Education and Science research's approaches, but it's an important human aspect, fundamental in a school worried about the integral formation of the individual.

## APRESENTAÇÃO

Trabalho no ensino de Ciências Naturais na Escola Pública do Estado de Minas Gerais desde 1983, tendo uma formação política e profissional construída no seio do movimento de resgate e melhoria do Ensino Público – bandeira de luta do Sindicato Único dos Trabalhadores em Educação de Minas Gerais (*SIND-UTE*). Assim, as preocupações que nortearam a elaboração desta Dissertação de Mestrado foram geradas no bojo de minha vivência na luta pela construção de uma Escola Pública digna, competentemente instrumentalizada e capaz de ensinar a todas as crianças e adolescentes, contribuindo na formação de cidadãos conscientes e socialmente atuantes.

A escola pública vem em nossa sociedade, cumprindo o papel que a burguesia nacional e o capitalismo internacional procuram lhe impor: a exclusão sistemática da classe trabalhadora do processo de apropriação do conhecimento sistematizado e a promoção de modos de analfabetismo histórico, político e conceitual (Giroux, 1986). Assim, o discurso de "democratização da escola" veiculado pelos órgãos governamentais é desmentido pelos dados oficiais (MEC, 1993):

- Apenas um terço das crianças entre quatro e seis anos de idade recebem atenção educativa de boa qualidade;
- Na faixa etária de sete a 14 anos, cerca de 3,5 milhões de crianças ainda permanecem sem oportunidades de acesso ao ensino fundamental;
- Apenas dois quartos daqueles que ingressam na escola concluem as quatro séries iniciais, e menos de um quarto as concluem sem repetência;
- As estatísticas mostram ainda que existem 17,5 milhões de analfabetos formais com idade superior a 15 anos e cerca de 18,8 milhões não chegam a completar quatro anos de escola.

O processo seletivo na educação que até a promulgação da Lei 5.692 / 71 excluía os filhos da classe trabalhadora, principalmente, pelo reduzido número de escolas públicas; utiliza também, práticas pedagógicas que forçam as crianças a saírem ou sequer entrarem na escola.

Vários aspectos do currículo oculto escolar<sup>1</sup> e a forma como o conhecimento é "recitado" na escola torna-o ainda mais distante da criança e do adolescente, que não sabem e nem entendem: a lógica, a finalidade e o que fazer com o "*saber*" que "*aprendem*". É o desejo de adquirir esse "*saber*" que leva o indivíduo à escola e, contraditoriamente, é esse "*saber*" que o exclui.

No entanto, a culpa por este quadro educacional desalentador, pelo conseqüente e inevitável fracasso escolar é atirada ao aluno e à sua família, "às condições sócio-econômicas", "às características de raça", etc.: os alunos "não aprendem porque são imaturos, carentes e sem base" (Santos, O.,1985).

A estratificação ocupacional e educacional, seja baseada em gênero, classe ou raça, é bastante visível por trás do discurso otimista dominante de igualdade de oportunidades e de sucesso individual; entretanto, segundo Giroux, "embora as escolas sirvam aos interesses do capitalismo, elas servem a outros interesses, alguns dos quais são opostos à ordem econômica e às necessidades da sociedade dominante" (1986, p.83).

Acredito que uma das formas de resistência a essa "sociedade dominante" e de instalação de uma nova ordem escolar é a preocupação com o conhecimento que o aluno trás para a escola; conhecimento construído a partir de sua interação com o mundo e que se dá à medida que ele participa da sociedade, procurando compreender e intervir nos fenômenos que observa.

Entretanto, nas nossas escolas, ao invés do professor considerar o conhecimento que o aluno possui – sua maneira de pensar, de se expressar – ele aumenta a dificuldade forçando o aluno a "memorizar" e "repetir" conteúdos sem nenhuma compreensão, bem como, executar "receitas" sem relação com suas experiências. Fatores esses que, certamente, contribuem para o elevado índice de reprovação e evasão nas escolas públicas.

---

<sup>1</sup>Segundo Henry Giroux (1986, p.71) o currículo oculto escolar é o conjunto de normas, valores e crenças transmitidas aos alunos "através de regras subjacentes que estruturam as rotinas e as relações sociais na escola e na vida em sala de aula". Os vários aspectos desse currículo oculto são discutidos também por Michael W. Apple (1982).

Embora o discurso do poder seja de democratização e qualidade de ensino, não há medida concreta alguma para que o quadro se altere: a precária infra-estrutura escolar se deteriora a cada dia; o professor, cuja formação é deficitária e cujos salários são aviltantes, continua um "dador de aulas", retiradas de livros didáticos obsoletos; e os alunos, pauperizados por sucessivos planos econômicos, são sutilmente afastados da escola.

São essas complexas questões relativas ao cenário educacional, fundamentalmente importantes na compreensão global dos problemas da educação, que se impõem como norteadoras de minha postura e ação educacionais.

Uma década de trabalho na escola pública me habilitam a retratar o ensino de ciências como fundamentalmente tradicional, caracterizado por aulas expositivas; práticas de laboratório fundadas em roteiros de atividades; um aluno não estimulado em sua curiosidade, em seu desejo de *conhecer e aprender* e um professor humano e profissionalmente insatisfeito.

São as dificuldades com ensino-aprendizagem de ciências que, segundo Matthews (1994, p. 256), teriam instalado uma “crise contemporânea do ensino de ciências - refletida na evasão das aulas de ciências, tanto por parte de professores como dos estudantes, e na larga cifra de analfabetismo científico”.

Assim, o quadro geral de dificuldades educacionais traçado, até aqui, com o tom de um desabafo necessário, se manifesta de forma marcante no ensino de ciências. É contra esta realidade e as dificuldades inerentes a esta prática que tenho me debatido em diferentes trincheiras: na sala de aula, no trabalho sindical e no curso de mestrado.

Essas experiências impuseram-me algumas questões, que não são novas nem simples, mas que tocam o cerne das dificuldades vividas (Santos, F., 1995):

- Como tornar as aulas de ciências uma oportunidade de real aprendizagem?
- Qual é a estrutura básica do conhecimento que se ensina – a sua organização, as relações mais adequadas que favoreçam a apropriação desse conhecimento pelo aluno, de acordo com o seu desenvolvimento cognitivo e experiências de vida?

- Como conhecer o tipo de saber que o aluno tem? Como foi produzido? Qual é a sua lógica e formas de raciocínio? Quais as suas formas de ver e estruturar o mundo? Quais as suas necessidades práticas e seus interesses?

Foi na procura de respostas para essas questões e partindo de diferentes vivências (escolar, sindical e acadêmica), que pude ter acesso (e tentei compreender) a riqueza e variedade das interpretações dos alunos para os fenômenos. Um conhecimento puro, ingênuo, simples, não científico, que é desconsiderado na *práxis pedagógica*, mas emerge a todo momento em sala de aula. Os chamados “*erros*” dos alunos, que muitas vezes provocam risadas por parecerem anedotas ou grandes absurdos, refletem uma forma diferente de ver o mundo e se analisados com respeito e competência poderiam promover transformações nas relações escolares.

Nessa busca, deparei com propostas educacionais preocupadas com o desenvolvimento de metodologias de ensino comprometidas com o conteúdo das representações e idéias dos estudantes em relação a diversos conceitos científicos abordados durante a escolarização.

Grande parte dessas propostas metodológicas e suas preocupações subjacentes se enquadram no que se costumou chamar de visão **Construtivista** da pesquisa em educação. Uma abordagem que compreende a aprendizagem como um processo onde o aprendiz tem um papel ativo na construção do seu conhecimento e que suas idéias anteriores são fundamentais nesse processo.

A perspectiva construtivista, que será analisada no Capítulo 1 desta dissertação, rompe com as visões empiristas e behavioristas que conduzem a uma concepção na qual o conhecimento indutivamente acumulado garante um saber correto; rompe, ainda, com a visão preconceituosa de que as “concepções incorretas” dos estudantes detectadas em sala de aula são basicamente “*misconceptions*” que poderiam ser superadas através de tratamentos puramente lógicos (Nussbaum, 1989).

É a partir dessa perspectiva construtivista e de seus pressupostos, que surge nos anos 70 um movimento dedicado ao levantamento e análise de descrições de concepções alternativas dos alunos para os diferentes domínios do conhecimento científico. Esse campo de pesquisa conhecido como **Movimento das Concepções Alternativas**, e que será estudado no Capítulo

2, propiciou a elaboração de amplo inventário de concepções dos estudantes, levantando sua natureza, características e comportamento durante o processo de escolarização.

Mas as pesquisas não se dedicaram apenas a sumarização de concepções e promoveram também a elaboração de vários modelos de ensino, objetivando transformar ou substituir as concepções dos estudantes por conceitos científicos. Dentre esses trabalhos, o modelo da Mudança Conceitual foi o mais utilizado nas pesquisas em educação nos últimos quatorze anos, é aquele sobre o qual pretendo me debruçar no Capítulo 3 deste texto.

O modelo de Mudança Conceitual proposto por Posner et al. (1982), promoveu um número incontável de pesquisas empíricas voltadas para a substituição de concepções espontâneas por conceitos científicos. Esse modelo elege algumas estratégias para a substituição de concepções, que são compiladas a seguir:

- Detectar a existência de idéias intuitivas, suas características, variedade, persistência e efeito sobre a aprendizagem.
- Propiciar um número suficiente de anomalias (experimentos, demonstrações, problemas, exemplos contra-intuitivos sobre as situações) criando um conflito cognitivo entre suas idéias e essas anomalias, que produziriam a falta de confiança no esquema anterior, enfraquecimento da resistência à mudança e conseqüente possibilidade de mudança.
- Tomar a nova concepção inteligível, plausível e frutífera, mesmo que esta inicialmente, contradiga às idéias prévias dos alunos, para que possa ser aceita e assimilada por estes.

Inicialmente, considerei que esse modelo e as estratégias propostas responderiam às questões problemáticas de minha prática educativa, fazendo inúmeras restrições a essa abordagem.

Assim, o objetivo central deste trabalho é a realização de uma análise crítica em torno da Mudança Conceitual e do Modelo proposto por Posner et al. (1982), aprofundando a discussão dos aspectos filosóficos e psicológicos da proposta, esclarecendo os possíveis equívocos teóricos cometidos e procurando apontar novos rumos para a pesquisa em educação e ciência.

Minhas críticas se baseiam na hipótese de que a Mudança Conceitual, entendida como substituição - obliteração de conhecimentos, é uma perspectiva de modelização do processo educacional fundamentalmente comprometida por uma visão de educação onde se privilegia os resultados (as trocas conceituais) em detrimento do processo (as formas sociais e cognitivas de construção do conhecimento).

A idéia de que a tarefa do ensino é promover substituições estruturais no conhecimento do aluno, ou de que a aprendizagem é sinônimo de substituição conceitual me parecem desconsiderar o desenvolvimento da pesquisa em educação dos últimos anos.

Um tal desenvolvimento que permitiu a elaboração de estratégias educacionais com vinculações e abordagens diversificadas; é a essas abordagens que dedico a discussão do Capítulo 4, objetivando a análise daqueles modelos de ensino aprendizagem que assumiram uma postura crítica em relação à perspectiva de Posner et al. e de outros modelos que se utilizam da proposta de mudança conceitual como fundamento para sua abordagem, compartilhando da visão educacional dos autores.

Assim, no Capítulo 4, discutiremos a noção de “Perfil Conceitual” formulada por Mortimer (1994a), o “Modelo Alostérico de Aprendizagem” proposto por Giordan (1989), a idéia de “Complexificação Conceitual” de Désautels e Laroche (1992), e uma nova abordagem para as estratégias de “Mudança Conceitual” propostas por Santos, M. (1991), à luz da epistemologia bachelardiana.

A perspectiva de análise neste texto, compreende que somente uma metodologia que se fundamente e se preocupe, não apenas com o *produto* do conhecimento, mas com *processo* de elaboração desse conhecimento, poderá dar novo rumo às pesquisas em ensino de ciências. Um processo considerado integralmente e que focaliza todos os aspectos presentes na relação que se estabelece entre o sujeito e o objeto no ato de conhecer. Um *conhecer* nunca meramente conceitual mas que contemple a diversidade de formas que usamos em nossa interação com o mundo e que processamos ao tentar apreendê-lo.

É a partir dessa visão, que discutiremos no Capítulo 5, o papel da *afetividade* no processo de construção do conhecimento no ambiente social da sala de aula, aspecto



desconsiderado nas pesquisas implementadas até agora, mas que não deve continuar obscurecido na análise do processo educacional.

Evidentemente, a complexidade do processo ensino-aprendizagem, é obstáculo ao estabelecimento de uma metodologia de trabalho que englobe "ação e pensamento", "processo e produto" do conhecimento, se constituindo um desafio para os educadores e pesquisadores em ensino de ciências.

Possivelmente, essa complexidade refletida através do grande número de variáveis envolvidas no ato educacional, promoveu uma tendência de pesquisa excessivamente focada sob os aspectos cognitivos e racionais do processo, obscurecendo aspectos sociais, culturais e afetivos. Assim, grande parte das abordagens correntes analisam o aprendiz como um ser racional, despido de emoções, sensações e sentimentos. Uma abordagem fragmentária do SER, que não contempla os interesses de uma educação integral e eficaz.

Assim, neste texto, pretendo não apenas realizar uma revisão crítica em torno do modelo de Mudança Conceitual, mas levantar e discutir alguns aspectos pouco considerados na pesquisa em educação e ciência, implementando a busca por uma educação integral, que exerça eficazmente o seu papel na transformação do homem e da sociedade, em direção a relações mais justas e igualitárias.

# CAPÍTULO 1

## CONSTRUTIVISMO: PERSPECTIVA CONTEMPORÂNEA DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO

*... a epistemologia contemporânea constitui cada vez mais um campo de pesquisas ao mesmo tempo científicas e autônomas, que constituiriam uma disciplina separada, reconhecida e devidamente etiquetada se não fosse pela sua própria natureza essencialmente interdisciplinar.*

JEAN PIAGET

### **1.1 - A Abrangência Construtivista**

A preocupação com a natureza do conhecimento humano remonta, na história da cultura ocidental, aos gregos. Questões epistemológicas<sup>2</sup> antigas, principalmente aquelas relativas à natureza do conhecimento, seus componentes, sua origem, seu desenvolvimento e emprego, foram e continuam sendo amplamente exploradas.

Na concepção dos nossos antepassados gregos, refletida principalmente através do pensamento de Platão, o conhecimento genuíno já está implantado na alma humana ao nascimento, cabendo à instrução o papel de trazer esse conhecimento inato à consciência.

---

<sup>2</sup> Nesta passagem do texto a palavra epistemologia é aplicada em seu sentido *amplo*, como a teoria geral do conhecimento - também denominada gnoseologia. Em outras passagens, entretanto, o termo epistemologia assume um sentido restrito, referente à filosofia da ciência - ao estudo crítico dos princípios, hipótese e resultados das ciências já constituídas e que visa a determinar os fundamentos lógicos, o valor e o alcance objetivo dessas ciências. Existe pois em epistemologia, uma tendência separatista para com a filosofia; não pretendemos empreender essa análise, já

Na análise grega, o conhecimento é concebido como “verdadeiro” - na forma de uma teoria completa da Natureza - e é conhecido por um “sujeito passivo” que não intervém no ato de conhecer, é um simples espectador - *conhecer* resume-se em apreender e compreender formas acabadas da Natureza.

Em contrapartida, a esta visão grega, hegemônica no pensamento ocidental por vários séculos, é consensual atualmente que o conhecimento é uma construção laboriosamente executada pelo indivíduo munido das mensagens culturais de seu grupo social e que o papel da educação é ser um espaço problematizador, fomentador de novas construções.

No caminho histórico traçado entre a visão *inatista* grega e a perspectiva *construtivista* moderna, vários homens e mulheres trabalharam na busca de uma concepção unificada do conhecimento e do conhecer humanos.

Na Europa do século XVII, uma concepção de *construção de conhecimento* foi incorporada ao pensamento ocidental através do trabalho de René Descartes. Descartes, ao eleger como princípios últimos de sua física certas figuras geométricas diminutas desprovidas de densidade, cor e outras propriedades essencialmente não geométricas, e defender um ideal filosófico do “verdadeiro conhecimento”, que também derivava da geometria, tornou explícito que os ideais para se julgar os produtos da indagação intelectual humana estão associados à maneira pela qual se obtinham esses produtos. Através do enunciado *Eu Penso*, demonstra que o sujeito do ato de pensar não é uma mera função do pensamento, mas é uma entidade realmente existente.

Dessa forma, Descartes organizou uma argumentação capaz de se opor ao legado grego e fundou a epistemologia moderna (Piaget, 1980), uma epistemologia comprometida com a existência do sujeito do conhecimento, não mais de um sujeito contemplativo (passivo), mas um sujeito fonte de construções que ao mesmo tempo inventa (nas matemáticas) e estrutura o conhecimento (no mundo físico).

---

realizada por Piaget (1980), e tampouco nos abstermos do uso do termo. Entretanto, procuraremos na utilização do termo, em seu sentido restrito, vinculá-lo a um epistemólogo da ciência.

Assim, tanto os filósofos-cientistas da Grécia Clássica quanto da Europa do século XVII procuraram enfrentar os problemas epistemológicos centrais de sua cultura, procurando formular questões, doutrinas e idéias sobre o domínio do pensamento humano. As explicações encontradas, a despeito da sua originalidade histórica e das divergências em aspectos fundamentais, ainda são atuais quando se pretende definir “o problema da compreensão humana”.

As respostas contemporâneas, entretanto, não pertencem a um campo único, mas possuem elementos de diversos saberes: filosófico, lingüístico, psicológico, etc.; tampouco representam literalmente a concepção de construção do conhecimento proposta através do racionalismo cartesiano. A alusão feita a Descartes, neste texto, tem o objetivo de caracterizá-lo como um contraponto à tradição vinculada ao pensamento grego, e não como um precursor das idéias construtivistas atuais.

A visão construtivista contemporânea, que será caracterizada mais à frente, sob o aspecto da pesquisa em educação, é fruto de uma plêiade de trabalhos implementados principalmente neste século. Uma revisão da literatura construtivista declara as contribuições de diferentes campos do pensamento humano. Normalmente são citados, a *Epistemologia Genética* de Piaget; a mudança de idéias sobre a filosofia da ciência promovida por Popper, Kuhn, Feyerabend, Toulmin, Lakatos e Bachelard; a redescoberta do pragmatismo na filosofia (através de Richard Rorty); a nova sociologia da ciência; as visões pós-modernistas de mundo e de ciência; a teoria de George Kelly sobre “*Os Construtos Pessoais*”; o construtivismo social, sobretudo a teoria de aquisição e desenvolvimento da linguagem de Lev Vygotsky (Duit, 1993).

Em geral, a visão construtivista parece ser influenciada pelos principais pensadores contemporâneos, não somente na filosofia da ciência ou na psicologia cognitiva mas, também, pelos novos desenvolvimentos na matemática, acentuando a indeterminação (a teoria da catástrofe e do caos, a geometria dos fractais) e na inteligência artificial.

Resumidamente, a visão construtivista é um espectro amplo de idéias que compartilham um tratamento comum (Matthews, 1993); que instalou uma nova *tendência da moda* na pesquisa em educação (Duit, 1993; Solomon, 1994), e que, sobretudo, representa uma **mudança de mentalidade** que não se manifesta apenas nas discussões educacionais.

A interdisciplinaridade promovida por uma concepção construtiva do conhecimento humano possibilitou o estabelecimento de conexões inesperadas e frutíferas, que podem ser sentidas nas várias áreas do saber humano.

Na literatura a partir dos anos 60, operam-se mudanças paradigmáticas. De um clima estruturalista, onde o texto é analisado pelos seus caracteres estéticos, semânticos e pela sua objetividade de objeto lingüístico, através de um formalismo mais ou menos rigoroso, a discussão literária passa a ser orientada pela pragmática da leitura e fomenta o surgimento de diferentes teorias sobre o par Leitor - Autor. A nova visão, nas palavras de Umberto Eco (1995), admite: “o funcionamento de um texto (mesmo não verbal) explica-se levando em consideração, além ou em lugar do momento gerativo, o papel desempenhado pelo destinatário na sua compreensão, atualização, interpretação bem como o modo com que o próprio texto prevê essa participação” (Eco, 1995, p.2).

Na Sociologia, as mudanças em direção a modelos de análise preocupados com a noção do “outro” na cultura e no discurso e, principalmente, as críticas à “ciência social burocrática” (Mills, 1980), reinstalam na análise sociológica o cultivo da sensibilidade e da imaginação.

O construtivismo é, portanto, um paradigma de pesquisa que exerce sua influência e, ao mesmo tempo, é influenciado por diversos campos do saber humano.

Mas, possivelmente, nenhum campo foi tão profundamente afetado pelas idéias construtivistas como a educação. Não apenas uma nova linguagem (Solomon, 1994) é instalada na educação, mas métodos, abordagens e interesses são redefinidos a partir da década de 70; será essencialmente sobre a leitura construtivista implementada na pesquisa em educação que procuraremos focar a discussão deste texto.

## **1.2 - Construtivismo na Educação : Arqueologia**

Para avaliar a importância e o significado do construtivismo na pesquisa em educação, é necessário levar em consideração o clima científico no qual germinaram as primeiras idéias desse movimento.

Durante várias décadas do nosso século, as pesquisas científicas em educação tiveram como eixos teóricos correntes psicológicas (behaviorismo) e filosóficas (positivismo, fisicalismo, verificacionismo) - *o legado aristotélico à epistemologia moderna* (Piaget, 1980) - caracteristicamente realista e empirista.

O behaviorismo, nascido nos Estados Unidos na década de 20, estabeleceu-se apoiado e solidário às concepções positivistas e empiristas. Juntos fundamentavam uma visão de pesquisa cujos eixos principais podem ser resumidos:

- os pesquisadores deveriam se limitar a métodos públicos de observação, de forma que qualquer cientista pudesse aplicar e quantificar, nada de reflexão subjetiva ou introspecção particular.
- crença absoluta na supremacia da ciência e no poder determinante do meio ambiente, onde indivíduos eram vistos como refletidores passivos de várias forças e fatores de seu meio.

Evidentemente, os interesses dos pesquisadores não estavam dirigidos para questões como natureza da linguagem, do planejamento, da solução de problemas, da imaginação humana; e coisas semelhantes eram tratadas às escondidas, com grande dificuldade ou, simplesmente, rejeitadas (Gardner, 1995).

Na educação, o pensamento behaviorista/empirista, estabeleceu-se através de um ensino tecnicista de fundamentação filosófica positivista, estruturalista e cientificista que visava atender as necessidades de desenvolvimento com base na industrialização.

O cientificismo educacional, inspirado nos trabalhos vanguardistas do behaviorismo / empirismo, foi fomentado pelo contexto sócio-político mundial. O lançamento do *Sputinik* (primeiro satélite artificial), realizada pelos soviéticos em plena guerra fria, incentivou projetos que suprissem as deficiências na formação científica do Ocidente. As constantes convulsões sociais, provocadas pela crise energética e pela liberdade de pensamento, demandaram uma escola mais

*positiva*, formadora de um trabalhador comportamentalmente modelado, capaz de responder às demandas do desenvolvimento industrial no modelo *fordista*<sup>3</sup>.

Assim, a educação, durante os anos 50, 60 e 70 foi caracterizada: i) por um *ensino* centrado nos conteúdos e informações positivas, individualista, veiculador de uma ciência tradicional baseada no método científico; ii) por uma *escola* orientada para aproveitamento quantitativo, modeladora do comportamento humano com interesse na produção competente e repasse de conhecimentos tecnológicos úteis; iii) por um *conhecimento* organizado (lógica e psicologicamente) e estruturado em manuais; e iv) por uma *metodologia* de transmissão recepção de informações.

Enquanto isto, ou seja, em pleno reinado behaviorista / empirista, a invasão construtivista mostra-se como um incêndio de isolados, diversificados e decisivos focos. Na psicologia, antropologia, lingüística, sociologia, filosofia, há uma tendência em abandonar a limitada discussão de estímulo-resposta em favor de modelos mais abertos, interativos e propositados, que mais tarde promoveram transformações na educação.

Na Lingüística, a partir de 1957, Saussure trabalha a língua como uma “totalidade organizada” (Gardner, 1995), cravando as primeiras estacas de uma lingüística não estruturalista.

Lévi-Strauss, na antropologia, é influenciado pela lingüística e inaugura nos anos 60 uma nova abordagem antropológica, preocupada com as maneiras pelas quais a mente humana (primitiva ou não) recebe, classifica e interpreta informações.

Entretanto, é inegável que as transformações fundamentais para o estabelecimento do construtivismo na educação ocorreram na psicologia e na filosofia da ciência.

Na psicologia o caminho decisivo para uma visão mais construtiva da atividade humana é traçado, a partir de 1956, por George Miller e Jerome Bruner através de uma revolução cognitiva. Entretanto, focos construtivistas mais antigos, constituídos pelos psicólogos da Gestalt (desde 1900) e por Frederic Bartlett trabalham abordagens diferentes, mas não menos importantes.

---

<sup>3</sup> Para a compreensão dos princípios e das inovações tecnológicas e organizacionais promovidas por Henry Ford, a partir de 1914 (data inicial simbólica), ver Harvey (1993, Parte II).

Enquanto os gestaltistas estavam interessados em problemas de grande escala, por métodos holísticos de solução de problemas e pelos aspectos construtivos do pensamento, Bartlett mantinha vivos os estudos molares na psicologia e seus resultados de pesquisa lhe permitiam fazer afirmações muito semelhantes às dos construtivistas contemporâneos.

Para Bartlett :

“A recordação não é a reestimulação de inúmeros vestígios fixos, sem vida e fragmentários. Ela é uma reconstrução, imaginativa, feita a partir da relação de nossa atitude para com toda uma massa ativa de experiências passadas... A atitude é literalmente um efeito de capacidade do organismo de se voltar para seus próprios esquemas e é uma função direta da consciência.” (Bartlett, 1932, p.213, citado em Gardner, 1995, p.130).

Mas sem dúvida, o programa estabelecido pelo biólogo suíço Jean Piaget, na década de 30, foi o núcleo mais resistente em pleno reinado behaviorista/empirista. De forma que vários autores vinculam o surgimento do movimento construtivista na educação aos trabalhos de Piaget. Vinculação não apenas à crença piagetiana de que as crianças constroem o seu conhecimento, mas também, ao próprio modelo epistemológico elaborado por Piaget para explicar o processo de construção do conhecimento - *a epistemologia genética*.

Com um trabalho voltado, essencialmente, para a gênese e construção do conhecimento, Piaget e seus colaboradores construíram um corpo de conhecimentos sobre epistemologia e sobre o desenvolvimento do conhecimento na criança (número, velocidade, causalidade física, etc.) que deslanchou um campo inteiro da psicologia e forneceu uma agenda de pesquisa que mantém ocupados ilustre pesquisadores até os dias de hoje (Gardner, 1995).

Paralelamente ao desenvolvimento da ciência cognitiva e aos avanços na psicologia, as análises sobre a natureza da ciência sofriam profundas transformações, afastando-se da tradição epistemológica “*baconiana*”, renovada pelo Empirismo Lógico do “Círculo de Viena”(e de Berlin), a partir dos anos 20.

A tradição empirista, que advoga uma observação objetiva dos fenômenos, isenta de fatores pessoais, preconceitos e predisposições e baseada num “método científico” essencialmente indutivo, dá lugar a novas abordagens epistemológicas que convergem para a idéia



de que o conhecimento é uma construção humana e, portanto, defendem uma observação que não é objetiva nem neutra, mas que é preparada e orientada por uma teoria cada vez mais profunda e sofisticada.

Assim, as novas posições epistemológicas convergem para a idéia de que o conhecimento é uma *construção humana*. Interessam-se pelo processo por meio do qual se adquire o conhecimento científico, rejeitam o parecer de que a ciência progride por acumulação, enfatizando o processo revolucionário pelo qual uma teoria mais antiga é rejeitada e substituída por uma nova teoria, incompatível com a anterior (Nussbaum, 1989); apesar de divergirem sobre as características desse processo revolucionário (*ver* Lakatos e Musgrave, 1979).

A *epistemologia construtivista* (Nussbaum, 1989), estabelecida através das “revoluções e paradigmas” propostos por Thomas Kuhn (1962); do “falsificacionismo” de Karl Popper (1972); da “ecologia conceitual” de Stephen Toulmin (1972); da “metodologia dos programas de pesquisa” proposta por Imre Lakatos (1979) e do “anarquismo metodológico” de Paul Feyerabend (1970), instalaram novos ares no debate epistemológico ao conceberem um sujeito que não se limita a acumular passivamente as informações e admitindo que os indivíduos têm um papel ativo no processamento da experiência e da informação, ou seja, a realidade é percebida de forma pessoal e construtiva.

Assim, principalmente graças a novos e revolucionários programas de pesquisa na Psicologia e na Filosofia da Ciência, estabelecidos em oposição a vários aspectos da abordagem behaviorista / empirista (e sem rompimento com outros tantos aspectos), surge nos anos 70 o movimento construtivista na educação.

Uma nova abordagem, comprometida com o papel essencial daquele que aprende, que constrói ativamente significados e que encontra sentido ao estabelecer novas relações (DRIVER, 1986), passa a guiar as pesquisas em educação.

### **1.3 - Características do Construtivismo na Pesquisa em Educação e Ciência**

A adoção do modelo construtivista, a partir dos anos 70, constituiu-se um caminho natural na direção de uma “abordagem mais estimulante e reanimadora”, considerada superior a uma tática desgastada com o tempo e envolvida em questões pouco interessantes para o clima emergente (Gardner, 1995).

A nova concepção (mais aberta, criativa, interativa) foi incorporada ao trabalho de pesquisadores nos vários ramos da pesquisa educacional: estudos curriculares, formação de professores, metodologias de ensino e alfabetização, etc. Entretanto, realmente proeminente foi a adesão dos pesquisadores em ensino de ciências ao modelo construtivista de pesquisa.

A análise dos pesquisadores em Educação e Ciência trata das construções (concepções) dos estudantes; principalmente, o conteúdo das idéias que as crianças e adolescentes constroem para dar sentido aos fenômenos do cotidiano e que estão relacionadas às matérias científicas estudadas durante a escolarização.

Os pesquisadores costumam vincular o surgimento do construtivismo na pesquisa em educação e ciência ao trabalho de Piaget. Segundo Solomon (1994) não seria difícil obter acordo em torno da proposição de que um dos primeiros textos construtivistas teria sido escrito por Piaget - *La Représentation du Monde Chez L’Enfante (1926)*, entretanto, dificilmente as contribuições de Piaget em épocas anteriores seriam “causadoras do construtivismo como nós o conhecemos hoje”; o construtivismo piagetiano, focado sobre os processos gerais de construção de conhecimentos, é *remodelado* pelos pesquisadores em educação e ciência, através de uma nova linguagem estabelecida por Driver e Easley (1978).

Essa remodelagem na análise piagetiana estabeleceu uma agenda de pesquisa educacional preocupada com o conteúdo das idéias dos estudantes em relação a tópicos científicos, afastando-se da análise piagetiana centrada no desenvolvimento de estruturas lógicas subjacentes ao processo do conhecimento.

Apesar dessa polêmica em relação às origens do construtivismo na educação e ciência, certamente, a abrangência construtivista discutida anteriormente, conferiu ao construtivismo educacional uma grande variedade de diferentes abordagens e visões, que aparecem na literatura sob um mesmo rótulo (Mortimer, 1994b).

Driver et al. (1994b), discutem algumas das diferentes tradições para a análise do processo de construção do conhecimento: tradições focadas sobre a “construção pessoal de significados”; tradições que retratam o processo de construção do conhecimento como uma “enculturação dentro do discurso científico”; que vêem o processo envolvendo “aprendizagem de práticas científicas”; ou ainda, focadas no estudo da “interação” entre o conhecimento informal do estudante e o conhecimento científico introduzido em sala de aula.

Entretanto, apesar da diversidade de “leituras construtivistas”, há algumas idéias básicas compartilhadas pela maioria dos pesquisadores e explicitadas em trabalhos de revisão (Driver, 1989):

- A idéia de que o indivíduo é ativo na construção do conhecimento;
- Que o conhecimento construído pelo estudante, antes da escolarização, desempenha um papel importante no processo educacional.

A crença construtivista de que o conhecimento não é diretamente transmitido de uma pessoa para outra, mas que é ativamente construído pelo aluno promoveu a elaboração de um amplo leque de pesquisas envolvendo: i) estudos empíricos sobre as concepções dos estudantes em vários conteúdos disciplinares de física, biologia e química; ii) novas abordagens de ensino-aprendizagem; iii) estudo das concepções sobre a natureza e alcance da ciência e questões pedagógicas; iv) comparações entre o desenvolvimento das concepções na História da Ciência e o desenvolvimento das concepções a nível individual; v) considerações sobre linguagem e métodos de investigação; e vi) investigações sobre as concepções dos professores (Duit e Pfundt, 1994).

Essa impressionante abrangência das pesquisas, centradas nas representações espontâneas, produziu um “programa de pesquisa distinto” e a linha mais produtiva de pesquisa em didática das ciência (Gil-Pérez, 1994). O programa denominado “*Movimento das Concepções Alternativas - MCA*”<sup>4</sup>, trata das concepções que freqüentemente são um obstáculo à apropriação das explicações científicas dadas aos mesmos fenômenos, e a

---

<sup>4</sup> Utilizaremos a terminologia Movimento das Concepções Alternativas - MCA, incorporando a denominação utilizada por Gilbert e Swilf (1985): *Alternative Conceptions Moviment - ACM*.

importância que essas concepções assumem na “construção (reconstrução) do conhecimento do aluno” (Santos, M., 1991).

Assim, na abordagem construtivista, as concepções dos estudantes tomaram um *status* superior: “o que era lugar comum e indigno tornou-se significativo, o que era bem conhecido para ser pensado como merecedor de comentários se tornou, de repente, a substância de uma pesquisa iluminadora”(Solomon, 1994, p. 6).

Os trabalhos construtivistas em educação e ciência, dedicados ao levantamento e à análise das concepções antes do ensino e no desenvolvimento destas durante a instrução (principalmente tradicional), mostram a resistência das concepções e a ineficiência da instrução científica; há inclusive um número considerável de concepções que são induzidas pela instrução através de metáforas e analogia, nem sempre adequadas.

Assim, com o aumento do *status* das estruturas conceituais dos estudantes e análise mais criteriosa das estratégias de ensino tradicionais, novas estratégias foram propostas no sentido de que as idéias alternativas fossem transformadas em conceitos científicos.

No modelo de aprendizagem construtivista, a mudança de conceitos é vista como o produto da interação entre as concepções já existentes e as novas experiências, afastando-se da concepção de aprendizagem por “acréscimo de idéias”, ou da imagem de “*tábula rasa*” e analisando a aprendizagem como um processo de construção; uma possibilidade do aluno partilhar da “capacidade de conhecer, compreender e elucidar a realidade, utilizando as informações já existentes e formulando novos entendimentos” (Vasconcelos e Valsiner, 1995, p. 14).

Esta concepção construtivista de aprendizagem, produziu modelos de ensino construtivistas baseados na explicitação (ou não) das idéias prévias dos alunos; na problematização dessas idéias frente às experiências ou a outras idéias, num processo de discussão e clarificação em sala de aula; exposição a situações conflituosas e construção de novas idéias; processo seguido pela revisão do progresso na compreensão, através da comparação entre as idéias antigas e as recém construídas.

O pressuposto básico desses modelos é que as concepções podem ser transformadas em conceitos científicos, desde que expostas a situações de *conflito cognitivo* normalmente criadas através de experimentos cruciais. O monitoramento desse processo levará a superação do conflito seja pelo abandono das idéias anteriores, seja por sua subsunção pelas idéias científicas com maior poder explicativo.

Apesar da ênfase construtivista aos novos métodos de ensino, o programa promoveu também mudanças nos métodos de pesquisa adotados. As metodologias antes majoritariamente quantitativas, admitem cada vez mais, abordagens qualitativas. Estudos interpretativos e etnográficos, estudos de caso e, principalmente, o método piagetiano de *entrevista clínica* predominam na pesquisa a partir da década de 80.

O método adaptado da psiquiatria por Piaget e largamente utilizado pelos pesquisadores construtivistas em ensino de ciências, envolvendo entrevistas, observação pura e confrontação com problemas concretos. Um método que consiste em deixar falar a criança, em anotar a maneira pela qual o seu pensamento se desenvolve e situar cada resposta em seu contexto mental.

Para muitos pesquisadores, entretanto, o grande sucesso do programa não está vinculado às novas abordagens de ensino propostas, nem às transformações metodológicas promovidas, mas está associado à “idéia não excepcional” de que os alunos têm concepções próprias sobre muitos tópicos científicos antes da instrução e que elas são muito tenazes e difíceis de modificar. Consideramos, entretanto, que o sucesso do programa tem origem principalmente em sua convergência com a “visão de mundo” contemporânea, bastante aberta e ampla que permite integrar diferentes abordagens para a tratamento de idéias e interpretações.

O poder positivo do construtivismo na educação e ciência é, portanto, ter permitido o desenvolvimento criativo do pensamento dentro da ampla estrutura, uma teoria mais fechada não permitiria semelhante quantidade de criatividade (Duit, 1993).

#### **1.4 - Construtivismo na Sala de Aula**

A proposição de estratégias de ensino construtivista inauguraram na educação e ciência uma nova tentativa de solução para os antigos e graves problemas com o ensino-aprendizagem, principalmente aqueles relacionados à apropriação de conteúdos científicos veiculados na escola. Giordan e Vecchi (1988, p. 23), compilam alguns desses problemas:

"... as investigações desenvolvidas em diversos países... tem mostrado que a maior parte do saber científico que se ensina durante a escolaridade, é esquecido em poucos anos e inclusive em poucas semanas... quando é adquirido. Os conhecimentos são dificilmente transmissíveis, tanto no plano individual como no social. Sua transferência, de um nível a outro do ensino parece ser igualmente difícil... O saber é, por último, dificilmente utilizável, na vida cotidiana ou na vida profissional, para explicar um fenômeno ou orientar uma decisão".

Estes problemas e a compreensão construtivista da forma como a aprendizagem se processa tiveram importantes e significativas implicações no ensino e na própria aprendizagem, produzindo a elaboração de novas abordagens para a didática das ciências.

Entretanto, a relação entre a visão de aprendizagem construtivista e conseqüentes implicações pedagógicas é uma perspectiva polêmica. Millar (1989, p. 589), questiona as contribuições que as propostas metodológicas possam trazer para a pesquisa em educação e para a apreciação do que está envolvido no ensino de ciências, discutindo que “um modelo construtivista de aprendizagem não acarreta logicamente um modelo de ensino construtivista” e que esta associação pode até ser “improdutiva”.

Evidentemente, como demonstra o sucesso alcançado pelo campo de pesquisa em ensino-aprendizagem construtivista de ciências, refletido através do grande número de trabalhos implementados, esta análise não se mostrou tão improdutiva ao longo dos anos, no que se refere a sua aplicabilidade em sala de aula. Entretanto, alguns pesquisadores consideram que as abordagens de ensino realizadas até agora, não são melhores que as tradicionais e lhes parece óbvio que somente levar em consideração as concepções dos estudantes não resultou em progresso considerável na aprendizagem dos alunos (Duit, 1993).

As novas estratégias propostas, apesar de oriundas de diferentes raízes teóricas e comprometidas por amplo espectro de visões (até inconsistentes entre si), podem ser agrupadas em duas categorias distintas (Scott et al., 1991): i) aquelas que são baseadas no estabelecimento de *conflitos cognitivos* e ii) aquelas que utilizam *analogias e modelos explanatórios* no processo de mudança de concepções dos estudantes.

As estratégias podem também ser analisadas quanto à ênfase dada aos aspectos psicologizantes, de natureza excessivamente individual e desconectadas dos interesses mais socializantes (ou interacionistas) vigentes na pesquisa em educação geral.

É à análise desses aspectos que dedicaremos a discussão elaborada nas páginas seguintes.

#### **1.4.1 - Estratégias de ensino baseadas no estabelecimento de *conflitos cognitivos* X estratégias baseadas em *analogias e metáforas***

Segundo Nussbaum (1989, p. 537), tornou-se lugar comum na pesquisa em educação a idéia de que “a acomodação cognitiva requer alguma experiência que provocaria um estado de desequilíbrio, dissonância ou conflito cognitivo no aluno” e que, este conflito “conduziria a uma acomodação cognitiva que se assemelharia a uma mudança conceitual imediata”.

Assim, a grande maioria das pesquisas e das estratégias de ensino abordam o processo de aprendizagem como um processo de mudança conceitual, onde o desequilíbrio cognitivo tem papel fundamental.

A abordagem das estratégias de ensino baseadas no desequilíbrio ou conflito cognitivo, envolvem a promoção de situações onde o estudante explicita suas idéias sobre os fenômenos, e estas idéias são diretamente contestadas para criar um estado de desequilíbrio ou insatisfação cognitivos.

Várias dessas estratégias foram revisadas por Scott et al. (1991), que resumem:

- as estratégias baseadas no estabelecimento de conflitos através de exposição a *eventos discrepantes* com as idéias dos estudantes (Nussbaum e Novick, 1982).

- as estratégias baseadas no estabelecimento de conflitos *entre idéias*:
  - • entre a idéia relatada pelo aluno para certo fenômeno natural e o resultado da experimentação realizada, e entre duas explicações dadas para um mesmo fenômeno (Stavy e Berkovitz, 1980).
  - • entre diferentes idéias de diversas origens - por exemplo: de outro estudante, do professor, do livro texto, etc. (Cosgrove e Osborne, 1985; Rowell e Dawson, 1985).

Assim, esses pesquisadores, utilizaram explícita ou implicitamente em suas propostas educacionais a noção piagetiana de “*equilíbrio majorante*”, através do conceito de conflito cognitivo.

Essa abordagem, já por volta dos anos 70, guiava os pesquisadores que trabalhavam em torno dos “fatores de equilíbrio” e do papel do conflito ou da contradição na construção e modificação nas representações das crianças. A hipótese dominante da época era que:

“... o pensamento, procurando sempre um equilíbrio cada vez maior, não pode aceitar a contradição pois é vivida como um desequilíbrio. Segundo esta hipótese, quando a criança se encontra numa situação que contradiz suas antecipações ou opiniões, ela cria um processo para aplinar a contradição. Quando o processo em questão chega à superação dessa contradição ou do conflito, segue-se uma modificação ao nível das representações já elaboradas” (Henriques, 1988, p. 58 apud Casonato, 1994, p. 4).

Para Piaget, o processo de desenvolvimento cognitivo dos indivíduos não se realiza de forma brusca como uma mudança paradigmática mas, pelo contrário, sob a forma de uma diferenciação lenta e laboriosa, ligada a processos de *assimilação* e *acomodação*.

Nesse processo de diferenciação, a *assimilação* consiste em considerar o conhecimento como uma relação indissociável entre o sujeito e o objeto; seu conteúdo é uma forma tirada de estruturas anteriores, ajustadas a este conteúdo sobretudo se ele é novo, modificando em algo o esquema assimilador por meio de *acomodações*, que dizer, de diferenciações em função do objeto a assimilar.

A assimilação, é segundo Piaget e Garcia (1987, p. 245), a origem dos instrumentos de aquisição de conhecimentos, pois é a partir dela que os “objetos e acontecimentos (são



assimilados) a esquemas ou estruturas anteriores do sujeito”. Num sentido mais amplo, a assimilação cognitiva é “uma integração em estruturas prévias, as quais podem permanecer inalteradas ou, ser mais ou menos, modificadas por esta integração, porém sem descontinuidade com o estado anterior, quer dizer sem que sejam destruídas e acomodando-se, simplesmente à nova situação”. (Piaget, 1990a, p. 06).

Por outro lado, acomodação é entendida como “toda modificação dos esquemas de assimilação por influência das situações exteriores às quais se aplicam” (Idem, p. 10).

Assim, para Piaget os dois termos correspondem a processos solidários, recíprocos, e que toda assimilação é acompanhada de acomodação, não há acomodação sem assimilação (anteriores ou atuais); não podem corresponder às fases distintas do processo do conhecimento, nem estão desvinculados do funcionamento do organismo como um todo.

Na visão piagetiana o progresso no conhecimento científico é essencialmente estrutural e não conceitual como sugerem os estudos construtivistas. Os desequilíbrios causadores de acomodações deveriam ser estruturais e não puramente conceituais. Neste sentido, Moreira (1994b, p.3) adverte que as estratégias de conflito cognitivo, utilizadas pelos estudos construtivistas, implícita ou explicitamente baseadas na teoria de Piaget, “...não representam, a visão piagetiana de mudança, pois a mudança piagetiana é estrutural, relativa a operações cognitivas quantitativamente distintas, não conceitual, referentes a conceitos específicos”.

As propostas educacionais que utilizam estratégias de conflito cognitivo parecem, segundo Mortimer (1994b), desconhecer certos importantes aspectos da teoria piagetiana de equilíbrio.

Mortimer (1994b, p. 54), argumenta que a maioria das estratégias de ensino, apesar da raiz piagetiana, desconsideram que o papel das lacunas no processo de equilíbrio é tão importante quanto os conflitos, pois no processo de “construção de uma idéia nova, a falta de informações para interpretar os resultados é obstáculo maior que o conflito entre as idéias dos estudantes e os resultados”.

O autor considera ainda, que as dificuldades relacionadas à construção de totalidades leva o aluno a não generalizar suas explicações, pois não as reconhece como gerais e aplicáveis a vários contextos, mas como esquemas localizados. O aluno tem, dessa forma, grande dificuldade

em reconhecer, enfrentar e vivenciar conflitos e poderiam “não reconhecer a perturbação enquanto tal e suas idéias permaneceriam inalteradas. Mesmo quando reconhecem, poderiam criar hipóteses *ad hoc* para adaptar a velha idéia à perturbação” (Idem, p. 60).

Quando se elabora uma análise mais criteriosa destas estratégias, “o conflito cognitivo parece ser eficiente apenas para os casos em que há uma ligação direta entre o conceito a ser ensinado e os fatos empíricos”(Mortimer, 1991, p. 6). De forma que quando se pretende trabalhar com uma teoria de explicação causal, os fatos empíricos se revelam insuficientes para provocar uma perturbação que gere um desequilíbrio, ou ainda, uma situação considerada como conflitiva pelo professor pode não sê-la para o aluno.

Estas dificuldades teóricas e práticas envolvendo a utilização de conflito cognitivo nas estratégias de ensino, promoveram o desenvolvimento de outras estratégias que, além de evitar a discussão explícita das idéias dos alunos em sala de aula, tampouco procuram problematizá-las, antes da construção da teoria aceita cientificamente.

Estas estratégias baseadas no desenvolvimento de idéias consistentes com o ponto de vista científico utilizam *analogias e metáforas*, pretendendo o aumento da aplicação (e uso) da intuição e a mudança conceitual daquelas concepções nas quais os estudantes podem dar sentido intuitivo a aspectos de uma teoria científica, anteriormente considerados contraintuitivos - processo de “*ancoragem de intuições*” (Clement et al., 1989). O uso de pontes construídas através de analogias, “*bridging analogies*” (Brown, 1994), pretende que os estudantes possam ser capazes de estender suas intuições inicialmente válidas para situações-alvo ainda mais difíceis.

Estas estratégias, em geral, consistem de quatro etapas (Brown e Clement, 1989):

- os estudantes relatam suas concepções sobre um tópico considerado, explicitando-as através do uso de uma questão-alvo (*target question*),
- o professor sugere um caso (a âncora - *anchoring example*), o qual ela/ele vê como análogo à questão-alvo, e no qual aparecem as intuições dos alunos,
- o professor pede aos estudantes para fazer uma comparação explícita entre a âncora e os casos-alvo, num esforço para estabelecer uma relação analógica,

- se o estudante não aceita a analogia, o professor esforça-se para encontrar um “*bridging analogy*” (ou várias “*bridging analogies*”) conceitualmente intermediárias entre a idéia-alvo e a âncora.

O conflito cognitivo não é estabelecido explicitamente nestas estratégias, e a demanda cognitiva exercida sobre o aluno tem uma natureza construtiva, que procura exercitar o estabelecimento de novas relações e possibilidades, ao invés de desestruturar o conhecimento anterior dos alunos.

Entretanto, da mesma forma que o monitoramento do processo do conflito cognitivo é difícil, a monitoria e controle das analogias também o são. As analogias não somente podem facilitar a compreensão e a aproximação intelectual a um objeto científico como podem também ser as causadoras da elaboração de novas concepções, ainda mais diferentes das idéias científicas que se pretendia construir.

Resumidamente, nas estratégias baseadas em analogias, o tratamento dado às concepções dos alunos pressupõe que estas devem ser integradas ou subsumidas pelas idéias científicas de maior poder explicativo, enquanto as estratégias de conflito cognitivo prevêm que as idéias dos estudantes deveriam ser abandonadas no processo de ensino.

Esta abordagem da mudança de conceitos pode ser questionada sob vários aspectos e pesquisadores construtivistas embuídos de uma visão ainda mais construtiva do pensamento humano apontam para uma análise onde há coexistência de concepções espontâneas e científicas (Chi, 1991 apud Mortimer, 1994a).

Segundo Scott (1987, p. 417), em lugar de mudança conceitual parece haver um “desenvolvimento paralelo de idéias”, que resulta em “explicações alternativas que podem ser empregadas em momento e situações apropriados”.

A possibilidade de que as concepções prévias dos alunos sobrevivam ao processo de ensino-aprendizagem é fundamentada pelas pesquisas que mostram o fracasso das tentativas de extinção de concepções em sala de aula (Kuiper, 1994). Os estudantes (de todos os níveis de escolaridade), os professores e inclusive os profissionais da ciência mantêm suas concepções

para vários domínios do conhecimento, por serem estas muito valiosas em determinados contextos, especialmente aquelas que pertencem a áreas não muito familiares.

Por outro lado, a utilização cotidiana de termos científicos com sentidos do “senso-comum” consagrados culturalmente, torna pouco vantajoso, e até prejudicial à comunicação social, o abandono daquelas concepções. A extinção de concepções pode provocar estranhos resultados, alguns dos quais foram analisados por Duit (1993), no que se refere ao conceito de energia.

Entretanto, esta análise é bastante tímida nas estratégias de ensino e a grande maioria das pesquisas analisa e propõe modelos onde as concepções dos estudantes são trabalhadas com o objetivo de promover substituições de conceitos.

#### **1.4.2 - O psicologismo cognitivista das abordagens construtivistas em ensino de ciências.**

A procura e utilização de teorias e modelos psicológicos sobre o desenvolvimento infantil, para orientar a *práxis* educacional tem, com certa frequência, assumido um caráter superficial de modismo - *um psicologismo educacional*.

Assim, na educação, as diferentes formas de pensar o psicológico ditaram as normas de conduta das práticas pedagógicas e deram *o tom* às pesquisas implementadas. Através dos trabalhos de Bruner, Wallon, Vygotsky, etc., os referenciais educacionais vêm sendo estabelecidos embora como já afirmamos oportunamente, a maior contribuição tenha sido dada por Piaget - seja através das etapas de desenvolvimento estabelecidas por ele, seja pela sua concepção estruturante para o desenvolvimento do conhecimento.

Dessa forma, na mesma medida em que a teoria piagetiana de equilíbrio é utilizada pelos estudos construtivistas em ensino de ciências como fundamento para as estratégias de conflito cognitivo, esses pesquisadores também recorrem à análise do *sujeito cogniscente* elaborada por Piaget (1990b).

O processo de construção de conhecimentos, modelizado na visão piagetiana através do processo de equilíbrio, discutido anteriormente, propõe que os seres humanos constroem o

conhecimento através da organização do seu conhecimento do mundo e a partir da coordenação e internalização das ações sobre os objetos. Os esquemas cognitivos postulados por Piaget são formados como o resultado de um processo de adaptação para experiências cada vez mais complexas.

Assim, o desenvolvimento intelectual é visto como uma adaptação progressiva de esquemas cognitivos individuais. Embora, Piaget se preocupe em estabelecer relações entre o conhecimento individual e a história da dência (Piaget e Garcia, 1987), seu trabalho focaliza as construções individuais, o desenvolvimento das estruturas e operações lógicas e a equilibração a nível pessoal é vista como essencial.

É a partir da incorporação dos aspectos cognitivos presentes no trabalho de Piaget que várias linhas de pesquisa em ensino foram elaboradas. Dentre essas linhas, destaca-se o “Construtivismo Radical”, através de seu maior expoente - Ernst Glasersfeld (1989). O Construtivismo Radical defende uma postura deliberadamente epistemológica, que inclui muitas facetas da epistemologia genética piagetiana, principalmente, as idéias biológicas de adaptação, chaves no pensamento de Piaget (1990a).

O Construtivismo Radical tornou-se muito conhecido, principalmente através das críticas que Glasersfeld dirige ao resto do construtivismo, que ele intitula *construtivismo trivial* - aquele que tem como princípio que o conhecimento não pode ser passivamente recebido, mas é ativamente construído pelo próprio sujeito cogniscente.

Para o construtivismo radical, a função do cérebro é adaptativa e serve na organização do mundo experiencial, não é o descobrimento da realidade ontológica, sua análise recai, sobretudo, sobre os aspectos filosóficos relativos à existência ou não do mundo físico exterior. O foco central do construtivismo radical é sobre o mundo subjetivo interno do indivíduo e sobre os processos de construção individual.

Várias críticas foram formuladas à perspectiva de Glasersfeld (*ver* Matthews, 1993 e Suchting, 1992) referentes à análise filosófica elaborada, à falta de inteligibilidade de suas críticas ao construtivismo em geral, à negligência dos aspectos sociais envolvidos na construção do conhecimento, etc.

Entretanto, na pesquisa em educação e ciência, a abordagem da “individualidade essencial do saber”, foi implementada não apenas através dos aportes às teses piagetianas, mas outros psicólogos como George Kelly e David Ausubel foram utilizados como referenciais nas pesquisas sobre as concepções dos estudantes.

As assimilações à teoria de George Kelly - *The psychology of personal constructs* (1955), traduzido em termos educacionais por Salmon e Bannister em 1974, fez surgir no discurso educacional o chamado “*construtivismo pessoal*”, a partir da década de 80.

Na concepção de Kelly, todas as pessoas constroem o mundo por diferentes testes contra a experiência, através de um processo pessoal que é psicologicamente canalizado a propósito dos eventos que eles antecipam (Bannister e Fransella, 1980).

Assim, os construtos são rigidamente individualistas - *idiossincráticos*; formam sistemas de construção (*construction system*) compostos por um número finito de construtos dicotômicos e são caracterizados por uma grande fragmentação, de forma que “uma pessoa pode empregar sucessivamente uma variedade de subsistemas construídos, os quais são inferencialmente incompatíveis uns com os outros” (Idem, p.26) - “*problemas de consistência*”.

Essa abordagem é certamente adequada para as análises do psicólogo sobre seus estudos com pacientes fechados no mundo solitário da esquizofrenia, entretanto não são completamente coerentes com uma “abordagem para a educação” (Salmon e Bannister, 1974).

Apesar das ressalvas à utilização desta análise para o processo humano de construção do conhecimento, como subsídio para as atividades em sala de aula - um espaço eminentemente social - tornou-se muito comum o empreendimento do “cognitivismo de Kelly” no construtivismo educacional, através de abordagens que conferem valor científico às concepções dos estudantes, denominado-as “Ciências das Crianças” (Osborne et al., 1983).

A análise empreendida, é particularmente interessada na aplicação de algumas das noções de Kelly e no desenvolvimento de técnicas compatíveis para a exploração de conceitos científicos em estudantes, analisando suas estruturas conceituais como coerentes e com grande lógica interna (Pope e Gilbert, 1988).

Assim, as concepções das crianças tomaram um *status* de ciência e o ditado “Todo homem é um cientista” (*Every man his own scientist*) tornou-se corriqueiro (Solomon, 1994, p. 7).

Uma outra análise dos construtivistas em ensino de ciências que utiliza uma concepção tão cognitivista quanto o “Construtivismo Radical”, os “Construtos Pessoais” ou a “Ciência das Crianças”, tem origem a partir do trabalho de David Ausubel.

Para Ausubel, “um representante do cognitivismo” (Moreira e Masini, 1978), é através da cognição que o mundo de significados tem origem e a aprendizagem é um processo de organização da informação, condensação em classes mais genéricas de conhecimentos, que são incorporados a uma estrutura de modo que possa ser manipulada e utilizada no futuro.

O modelo ausubeliano, é de um cognitivismo extremo e para Ausubel (1968, apud Moreira e Masini, 1978, p.2) “a aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva”; sua tecnologia conceitual é um modelo mecanicista para o funcionamento da estrutura cognitiva ao melhor estilo dos primeiros estudos sobre inteligência artificial ( ver Gardner, 1995).

Entretanto, essas teses orientaram muitos trabalhos dedicados ao levantamento e análise das concepções dos estudantes (Novak, 1988), ou propostas de ensino para tratamento destas concepções (Posner et al., 1982).

Assim, a partir desses esboços dos trabalhos e abordagens implementadas no construtivismo em ensino de ciências e das teses psicológicas adotadas, vemos refletido o cognitivismo vigente nesse campo de pesquisa.

Uma tal análise cognitivista, onde as estratégias de ensino propostas, são dirigidas para a resolução mental das atividades, cujo processo deve resultar na modificação dos esquemas anteriormente conhecidos pelos estudantes.

As atividades práticas propostas por essas perspectivas, envolvem não somente o trabalho individualizado através de conjuntos de lições, *videotapes*, gravuras, fitas de audio, e outro materiais (*Audio-Tutorial Elementary Science Program - A-T ESP*) que possibilita uma interação individual (estudante-materiais, estudante-monitores) (Novak e Musonda, 1991), mas

propõe também discussões em grupo (Nussbaum e Novick, 1982; Rowell e Dawson, 1985). Nesta segunda perspectiva, a sala de aula é o lugar onde os indivíduos interagem uns com os outros, objetivando conhecer ou interpretar um fenômeno. A interação social, através da discussão em grupo, é uma possibilidade de estimular diferentes perspectivas, melhorar a qualidade dos argumentos individuais e motivar o aluno.

Nos dois tipos de prática, apesar das diferenças nas estratégias a análise final dos resultados na aprendizagem dos alunos é feita individualmente, através de entrevistas clínicas, “mapas conceituais”<sup>5</sup>, etc. De forma que, o processo objetivado e sempre considerado é aquele realizado a nível cognitivo.

Assim, a análise da ação educativa é feita sobre a atividade cerebral na coleta de material, e as entradas sensoriais (*sensory input*) necessárias à construção ativa de novos significados.

Consideramos que a ênfase colocada por este modelo “sobre a experiências sensorial é lamentável” (Osborne, 1993, p.7), pois todo produto científico e toda produção intelectual humana é devida a um processo de reflexão e reorganização interna das representações simbólicas da experiência e não apenas construções descritivas e esquemas explanatórios do mundo.

Osborne (Idem, p. 08) considera que a “falha essencial é que a base teórica na psicologia ausubeliana e de Kelly jamais tenha sido desenvolvida dentro de um modelo no qual fosse capaz de se fazer predições de qual material é ou não acessível aos estudantes”.

Compreendemos, entretanto, que a falha está na análise cognitivista, que foca excessivamente as construções dos alunos como construções pessoais, de caráter idiossincrático, caracteristicamente individualista e de um subjetivismo absoluto, com o esquecimento e desconexão das estruturas e processos sociais e culturais, indispensáveis à compreensão do processo ensino-aprendizagem.

---

<sup>5</sup> Os “mapas conceituais”, são as ferramentas (ou métodos) utilizados para ilustrar as estruturas conceituais/proposicionais obtidas a partir das entrevistas clínicas ou podem também ser construídas pelos alunos, para um tema em questão (Novak, 1988, p. 215)



Apesar da abordagem individualista no construtivismo ainda ser majoritária, alguns pesquisadores têm procurado implementar o construtivismo social, por compreender que a aprendizagem envolve a introdução do indivíduo em um mundo simbólico, construído a partir de representações culturais.

Efetivamente influenciado pelos trabalhos de Lev Vygotsky, para o construtivismo social, o conhecimento é construído quando indivíduos participam socialmente em conversas e atividades sobre problemas ou questões. “A construção de significados é um verdadeiro processo dialógico envolvendo pessoas-em-conversa, e a aprendizagem é vista como um processo no qual os indivíduos são introduzidos em uma cultura por membros mais especializados”(Scott et al., 1994, p.7). A apropriação dos instrumentos culturais se dá através do envolvimento nas atividades desta cultura.

Para Vygotsky (1994), o ser humano constitui-se enquanto tal, na sua relação com o outro social, é a cultura que fornece ao indivíduo os sistemas simbólicos de representação da realidade. Ao longo do desenvolvimento, essas formas culturais são internalizadas, num processo em que as atividades externas (funções interpessoais), transformam-se em atividades internas (intrapicológicas). Nesse processo a linguagem tem um papel fundamental de servir à comunicação entre os indivíduos e fornecer categorias conceituais cujo significado é partilhado pelos usuários da língua (Vygotsky, 1995).

Sob essa ótica, as concepções dos estudantes não são apenas produto das construções individuais, mas ao contrário, refletem uma representação cultural, muitas vezes produzida por (e refletida através de) construções lingüísticas. As concepções refletem não somente as experiências sensoriais ( indivíduo => objeto), mas refletem também mediações culturais (objeto => representações culturais => indivíduo).

Esta análise é bastante utilizada na pesquisa construtivista em educação geral; entretanto, assim como as análises que admitem a coexistência de concepções espontâneas e conceitos científicos (discutida na página 24), permanece como uma postura de pesquisa marginal em relação à grande gama de pesquisas implementadas no campo.

Finalmente, consideramos que o construtivismo pessoal e seu discurso psicologizante, promoveu no ideário educacional vários *jargões*: “A construção da autonomia passaria pelo raciocínio, pelo inventar, pelo aprender a aprender, pelo diálogo, pelo desenvolvimento da auto-estima e da auto-imagem” (Vasconcellos e Valsiner, 1995, p.3), mas por não trabalhar a prática escolar como espaço coletivo de aprendizagem, a “autonomia vira sinônimo de abandono, negação do diálogo, de não conhecimento e de não-aprendizagem”.

Como alternativa a esta abordagem, se nos apresenta o ideário educacional com vinculações sócio-interacionistas, e para o qual “o conhecimento e a subjetividade são, continuamente construídas no processo de individuação do sujeito e nas interações sociais (ação partilhada), (...)que qualquer função cognitiva ocorre primeiro ao nível afetivo-social e, depois de ser internalizada pelo sujeito, torna-se individual e única (diferenciada)” (Idem, p.15).

### **1.5 - Pesquisas Construtivista no Ensino de Ciências: um Campo Agonizante?**

A argumentação construída até aqui, não deixa dúvida quanto ao fato do Construtivismo ter se tornado a “força motriz” (Duit, 1993) em direção às concepções dos alunos e professores e, sobretudo, instalando na pesquisa em ensino de ciências uma nova visão para o processo ensino-aprendizagem, tornando-se a ideologia dominante na pesquisa em educação matemática e em ensino de ciência (Osborne, 1993).

Entretanto, o reconhecimento da importância do construtivismo e sua popularidade entre os pesquisadores, não isentaram-no de várias críticas que apontam para o esgotamento do programa, através de artigos, cujos títulos têm um tom, até certo ponto irônico: Solomon (1994) argumenta sobre *The Rise and Fall of Constructivism* (A ascensão e Queda do Construtivismo), Matthews (1992) discute o *Constructivism and Empiricism: An incomplete divorce* (Construtivismo e empirismo: um divórcio incompleto); Arcá e Caravita (1993) afirmam que *Le Constructivisme ne résout pas tous les problèmes* (O Construtivismo não resolve todos os problemas), etc.

As críticas elaboradas por Solomon (1994), atestam um declínio lento, quase imperceptível das pesquisas construtivistas, vinculado a falta de mensagem quanto a realização da próxima conferência sobre *Misconceptions in Science and Mathematics* (a terceira conferência foi realizada em Ithaca, New York, em 1993). Por outro lado, Mortimer (1994b), argumenta que o esgotamento das pesquisas em concepções alternativas, está relacionado à diminuição no número de artigos envolvendo os conceitos mais centrais do ensino de ciências.

Entretanto, as críticas realmente fundamentais estão ligadas aos diferentes aspectos psicológicos, pedagógicos e filosóficos do construtivismo implementado na pesquisa em ensino de ciências.

Os problemas pedagógicos que estão relacionados à discussão elaborada na seção “Construtivismo na Sala de Aula”, centram-se na ineficiência das propostas elaboradas para promover a mudança conceitual, nos problemas envolvendo as estratégias de conflito cognitivo e nos aspectos desconsiderados no ambiente social da sala de aula.

Certamente, o foco excessivo das pesquisas em concepções alternativas no levantamento e tratamento pedagógico dessas concepções tem produzido negligência dos aspectos psicológicos e filosóficos e conduzido uma “fraqueza epistemológica”.

Osborne (1993) aponta para negligência de importantes aspectos epistemológicos, constata a falta de uma base filosófica mais coerente para o campo de pesquisa e compreende, como Matthews (1992), que o construtivismo, ao colocar grande ênfase sobre a interpretação indutiva dos fenômenos, manteve vários aspectos da filosofia empirista, com a qual originalmente veio romper.

Arcá e Caravita (1993, p.80), apontam para um subjetivismo absoluto nas pesquisas, uma confusão entre o “objeto real e a experiência subjetiva do objeto”, gerando uma “incomunicabilidade”, que é uma “versão primitiva do empirismo subjetivista tradicional”.

Assim, a maioria das críticas se concentram no empirismo presente nas pesquisas, não apenas no discurso elaborado, mas principalmente, através das práticas estabelecidas. Os trabalhos propõem atividades extensivas de observação e de descrição de fenômenos em sala de aula, enfatizando a sensação e a experiência.

Segundo Osborne (1993, p.4) há grande “ênfase sobre o valor da experiência direta e da observação, que é uma abordagem empirista para o ensino de ciências, e ênfase insuficiente é colocada sobre os processo de aquisição de novas estruturas para reinterpretção de experiências e transcendência de raciocínios de senso comum”.

Essa abordagem considera que a atividade da ciência “...começa com a observação. O observador deve registrar fielmente o que puder ver, ouvir, etc. em relação ao que está observando, suas afirmações a respeito do estado do mundo, ou de qualquer parte dele, podem ser justificadas ou estabelecidas como verdadeiras de maneira direta pelo uso dos sentidos do observador” (Chalmers, 1993, p.24)<sup>6</sup>, e não leva às últimas conseqüências as teorias epistemológicas fomentadoras da visão construtivista para o processo do conhecimento, promovidas a partir dos anos 60 ( *ver* discussão à página 14).

Fica evidente, através destas críticas que a pesquisa construtivista em ensino de ciências desconsiderou importantes características do conhecimento científico, elaboradas a partir de um efervescente debate sobre a natureza desse conhecimento.

Um debate que é antigo e bastante extenso; traçá-lo aqui seria um esforço desnecessário, pois outros autores o fizeram com destreza singular (*ver* Kneller, 1980; Chalmers, 1993), mas certamente desse debate algumas “certezas históricas” foram estabelecidas:

- Os conhecimentos produzidos pela ciência, não são os fenômenos da natureza, mas são interpretações desses fenômenos, construídos e melhorados por comunidades científicas; assim, os conceitos usados para descrever ou modelar um domínio da ciência não são óbvios ou revelados pela “leitura do livro da natureza” como propõe Galileu.
- Os conhecimentos são construídos através de processos históricos, por comunidades científicas, cujos membros - os profissionais da ciência - vivem as influências internas (redes formais e informais de comunicação e validação do conhecimento produzido) e influências externas (órgãos financiadores das pesquisas, processos pessoais e interesses sociais).
- O conhecimento científico organiza-se em estruturas lógico-formais, compostas por conceitos, princípios, leis, convenções, etc., articulados entre si por regras matemáticas bem definidas, o

---

<sup>6</sup> Através deste texto, Alan Chalmers caracteriza as proposições de um indutivista ingênuo.

que confere a ele uma coerência interna muito grande (Pietrocola, 1992, p.3), estas estruturas conceituais conferem ao conhecimento científico uma propriedade “cíclica”, um caráter “auto-contido” - onde cada parte constitui o todo e o todo explica a parte (Robilotta, 1988)

Essas ressalvas às abordagens empreendidas pelo construtivismo na pesquisa em ensino de ciências podem ser acrescidas de críticas metodológicas relacionadas ao fato de grande parte dos trabalhos serem dedicados ao relato de experiências visando a produção de materiais, de aparelhos, experimentos, modelos, estratégias educacionais para uso prático que favoreçam trocas conceituais.

Moreira (1994a, p.152) ao revisar 124 artigos publicados na revista espanhola *Ensenanza de Las Ciencias*, nos últimos dez anos, constata que 60% dos trabalhos de investigação não têm nenhuma base teórica “e mais de um terço dos artigos (com ou sem base teórica) são sobre representações dos alunos/as e mudança conceitual”.

Da mesma forma, Reinders Duit realiza uma revisão de aproximadamente 2500 trabalhos publicados nos últimos 20 anos, nas principais revistas, livros, conferências e *workshops* internacionais e constata, que “aproximadamente 25% de todas as publicações disponíveis contêm considerações teóricas”(Duit,1993, p.3), a maioria esmagadora das pesquisas contem estudos empíricos sobre as concepções dos estudantes.

Consideramos, entretanto que estas críticas, apesar de pertinentes não são suficientes para a decretação do falecimento do construtivismo na pesquisa em ensino de ciências.

Evidentemente, para um programa de pesquisa estabelecido há vinte anos atrás, é natural que os questionamentos comecem a surgir, principalmente, na medida em que os resultados de pesquisa não tenham respondido às expectativas da comunidade e os campos fronteiriços estejam voltados para outros interesses. Estes podem ser os motivos para as críticas que apontam o “esgotamento do campo”, para uma certa confusão em relação ao que se deve fazer com o conhecimento acumulado e quais as direções mais frutíferas para o progresso do campo.

Na palavras de John Calhoun: “O intervalo entre a decadência do antigo e a formação e estabelecimento do novo constitui um período de transição, que sempre deve ser necessariamente

marcado pela incerteza, pela confusão, pelo erro e pelo fanatismo selvagem e implacável” (apud Harvey, 1989, p.115).

Assim, na crise instalada no construtivismo, de um lado alguns são levados a uma postura mais radical (Glaserfeld, 1989) e outros, por outro lado, decretam a degeneração, quase falecimento do campo (Solomon, 1994).

Compreendemos que apesar dos exageros enganosos, várias dessas críticas são altamente adequadas no momento, por fomentar uma discussão aprofundada que poderá contribuir na reestruturação das pesquisas.

Uma reestruturação necessária e capaz de impedir que os pesquisadores do campo continuem agindo como “cientistas normais kuhnianos”, trabalhando em um paradigma sem questionamento, como pesquisadores acríticos.

## Capítulo 2

# O MOVIMENTO DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS ENFOQUE CONSTRUTIVISTA NA PESQUISA EM EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

*Quando há um erro simples no qual a maioria dos leigos incorre, há sempre uma versão ligeiramente mais sofisticada do mesmo problema na qual os especialistas incorrem.*

AMOS TVERSKY

### 2.1 - Delimitando o Campo

Enquanto no Capítulo 1, procuramos discutir os vários aspectos do construtivismo na educação e ciência, apontando sua grande contribuição para a pedagogia contemporânea e os aspectos passíveis de elaborações mais precisas, vamos neste Capítulo 2 discutir de maneira pormenorizada o maior e mais significativo campo dentro do construtivismo educacional, que tem se dedicado à investigação das concepções dos estudantes.

Nas últimas décadas, várias foram as perspectivas de pesquisa em educação com vinculações ao pensamento construtivista, que procuraram contribuir para o desenvolvimento das investigações em didática das ciências. Gil-Pérez (1994) levanta algumas dessas perspectivas, discutindo, criticando e avaliando o "movimento de aprendizagem por descoberta", as propostas de "aprendizagem por recepção significativa" e ainda, os "estudos das preconcepções". O autor, a partir da análise dos fracassos e avanços proporcionados por essas linhas de pesquisa, aponta os "estudos das preconcepções", que denominaremos "**Movimento das Concepções Alternativas - MCA**" como a linha de pesquisa mais produtiva, devido à grande percentagem de artigos publicados em revistas especializadas, comunicações em congressos ou teses de doutorado envolvendo essa temática.

A grandiosidade desse campo, que trata das “preconcepções”, “concepções alternativas”, “concepções espontâneas”, torna quase impossível listar todos os trabalhos realizados. Um grande índice da literatura realizado por Duit e Pfundt (1994), mostra o crescimento vertiginoso desse campo de pesquisas, com mais de 3500 trabalhos publicados durante as duas últimas décadas.

Gilbert e Swift (1985), caracterizaram o MCA, como um "novo programa" de pesquisa para a educação científica, centrado essencialmente nas representações espontâneas das crianças<sup>7</sup> - concepções alternativas aos conceitos científicos. Esta linha de pesquisa tem investigado, desde então, as explicações particulares que os alunos constroem para os fatos e fenômenos do cotidiano.

Os estudos realizados pelo "novo programa" tratam, principalmente, de conteúdos disciplinares de Física, Química e Biologia<sup>8</sup>, procurando investigar, prioritariamente, os conceitos científicos fundamentais trabalhados pelos conteúdos específicos na escola e levantando os aspectos básicos das concepções das crianças e adolescentes.

Duit (1993, p. 8) constata haver uma grande predominância de estudos na área de física: “ 66% dos estudos sobre concepções dos estudantes tratam com conteúdos de física; 20% conteúdos de biologia e somente 14% com conteúdos de química”; na concepção do autor, as razões para esta predominância seriam:

---

<sup>7</sup>Santos, M. (1991, p. 92) realiza um levantamento dos diversos termos utilizados para designar as representações das crianças. Referindo-se a conotações positivas (“estrutura alternativa”, “concepção alternativa”, “representações espontâneas”, “raciocínios espontâneos...”) e conotações negativas (“concepção errada”, “*misconceptions*” e “preconcepções”). A autora identifica como negativas as conotações que se referem às representações dos alunos como “erros” ou “imperfeições do seu sistema cognitivo” e como positivas aquelas nas quais as “representações dos alunos são apreciadas nos seus próprios termos, a partir de dentro e não em função de um sistema exterior”.

<sup>8</sup> Também em Santos, M. (1991, p.97-98), encontra-se um levantamento dos principais temas de estudo sobre concepções alternativas dos alunos relativos a tópicos de Física, Química, Biologia, Ciência da Terra e Ciência do Universo.



- o fato de os psicólogos cognitivos utilizarem freqüentemente exemplos da física, quando conduzem suas pesquisas no domínio da ciência,
- a crença de que a física é mais matemática e logicamente estruturada que as outras ciências, “o que é uma compreensão ambígua” (Idem, p. 8)

Os trabalhos procuram analisar em profundidade, a natureza, a coerência interna, a consistência e a resistência à mudança que tais concepções apresentam. Dessa forma foi possível construir um "corpo de conhecimentos" que tem contribuído para o desenvolvimento do ensino-aprendizagem de ciências.

Mas quais são as contribuições dessa linha de pesquisa se, como já apontamos em trabalho anterior (Santos, F., 1995), a perspectiva de tentar conhecer o que o aluno já sabe, suas formas de interpretar e conhecer o mundo (preocupação que remonta aos anos 20 com os trabalhos sobre psicogênese do conhecimento desenvolvidos por Jean Piaget) utilizando estas informações como uma ferramenta educacional (perspectiva sistematizada nos trabalhos de David Ausubel -1968- cuja ação didática centra-se nos conhecimentos prévios dos alunos), não é recente. De que forma a "elaboração de uma literatura extensiva, reveladora de ampla inventariação e descrição de concepções alternativas" (Santos, M., 1991, p.72) pôde contribuir para o pesquisa em ensino de ciências?

Um compilamento das contribuições do MCA foi elaborado por Gil-Pérez (1994, p. 157-160), onde o autor identifica como principais contribuições:

- a grande capacidade questionadora do MCA que vem romper com a inércia de uma tradição acrítica no ensino de ciências. O Movimento vem questionando a eficácia do "ensino por transmissão de conhecimentos" e "visões simplistas sobre a aprendizagem e ensino de ciências", como a idéia de que "ensinar é uma atividade simples para a qual basta conhecer a matéria e algo da experiência";
- ter favorecido o estabelecimento das idéias construtivistas que se converteram em um consenso na pesquisa em ensino de ciências;
- ter dirigido as atenções dos pesquisadores sobre as contribuições da história e filosofia das ciência para a pesquisa em ensino;

- ter provocado o surgimento de novos modelos de ensino-aprendizagem das ciências: Mudança Conceitual, Mudança Conceitual Metodológica e Atitudinal, Mudança de Compreensão, Aprendizagem Alostérica, Perfil Conceitual, etc.;
- ter inaugurado um campo de pesquisa voltado para as concepções alternativas dos docentes e epistemologia do professor.

Assim, o autor enfatiza os resultados frutíferos verificados no âmbito da pesquisa em concepções alternativas, justificando o sucesso dessa linha. Entretanto, discute ainda os problemas e limitações dessa perspectiva, denunciando um "reducionismo" que, segundo o autor, explicaria as "limitações das estratégias de mudança conceitual".

Os aspectos nos quais este reducionismo é observável foram levantados, por Dusch e Gitomer (1991), se manifestando:

- na atenção quase exclusiva sobre as concepções alternativas com o esquecimento de outros aspectos igualmente relevantes para a aprendizagem de ciências;
- em uma certa visão hierárquica da mudança conceitual, segundo a qual, as mudanças conceituais produziram mudanças simultâneas de procedimentos e atitudes, não levando em conta que a construção de conhecimentos científicos têm exigências metodológicas e epistemológicas;
- no esquecimento de que a construção de conhecimentos científicos tem também exigências axiológicas que envolvem o interesse dos alunos, suas atitudes, o clima da aula, etc.

Vários são os aspectos sob os quais o MCA pode ser analisado, neste texto nos deteremos na análise dos resultados das pesquisas, procurando levantar as características das concepções dos estudantes, apontando suas contribuições para a didática das ciências e discutindo as abordagens elaboradas para a análise do processo da aprendizagem (linhas evolucionárias e revolucionárias).

## ***2.2 - Surgimento do MCA - Um rompimento com idéias piagetianas.***

Para Jean Piaget, o conhecimento é uma construção efetiva e contínua, que em contraposição com as visões inatistas e empiristas de sua época, não pode ser concebido como algo predeterminado no sujeito nem nas características preexistentes no objeto. Seu trabalho voltado, essencialmente, para a gênese e construção do conhecimento, congregou um grupo interdisciplinar muito significativo de pesquisadores no **Centro Internacional de Epistemologia Genética**, em Genebra a partir de 1955.

Muitas propostas didático-metodológicas utilizadas nas escolas apresentam algumas das características do trabalho piagetiano e várias linhas de pesquisa em educação procuraram absorver e aprofundar as teses de Piaget. Entretanto, nas últimas décadas, muitos pesquisadores dirigiram severas críticas a essas teses e às estratégias pedagógicas extraídas desses trabalhos pelos continuadores da obra piagetiana. Um dos principais críticos de Piaget foram os pesquisadores em Concepções Alternativas.

A linha de pesquisa em concepções alternativas estabeleceu-se como um desdobramento crítico aos trabalhos de Piaget e se preocupou com as concepções que a criança constrói espontaneamente sobre fenômenos e a interferência que tais concepções causam na aprendizagem de conceitos científicos

O artigo de Driver e Easley (1978) - intitulado "*Pupils and Paradigms: A Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students*" - foi considerado por Solomon (1994) o marco fundamental do MCA. Este artigo, ao criticar a excessiva ênfase dada por Piaget ao desenvolvimento de estruturas lógicas inaugura uma nova linha de investigação preocupada com o conteúdo das concepções dos estudante. Os autores acusam Piaget de não dar a devida importância à rica variedade de idéias das crianças e sugerem que "poderia ser útil a realização de uma série de replicações dos estudos que focalizassem mais o conteúdo atual das idéias dos alunos e menos sobre a suposta subordinação à estruturas lógicas subjacentes." (Driver e Easley, 1978, p. 76). É a partir deste artigo que o MCA se estrutura e que as críticas ao trabalho de Piaget crescem.

As críticas são dirigidas a vários aspectos da obra de Piaget. Entretanto "as críticas mais frequentes são aquelas que rejeitam os estágios mentais piagetianos" questionando a "coerência e até mesmo a existência" desses estágios (Marín et al., 1994, p. 02).

Os questionamentos se relacionam ao seqüenciamento, identificação dos estágios, bem como, à transição de um estágio a outro. Centrando-se principalmente, na idéia de que a preocupação de Piaget com a estrutura cognitiva do sujeito (entendendo-a como um conjunto de estruturas lógicas em desenvolvimento), deixa de lado o conteúdo das idéias e o contexto de utilização do conhecimento.

Driver (1986, p. 09) põe em questão a idéia de etapas coerentes, argumentando que "os resultados de várias investigações realizadas por psicólogos e educadores mostram que as estruturas lógicas que os estudantes utilizam dependem em grande parte do contexto da tarefa".

Novak (1988, p. 215), endossa esses argumentos, escrevendo sobre uma "descontextualização" presente no trabalho de Piaget e os limites que a tese de estágios traz à aquisição de novos conhecimentos, justificando a utilização de teses ausubelianas de estrutura cognitiva em seu trabalho.

Entretanto, os argumentos contra os estágios de desenvolvimento cognitivo não recaem apenas sobre a perspectiva do processo de construção (desenvolvimento e estruturação) desses estágios, mas também sobre as implicações pedagógicas extraídas da perspectiva piagetiana.

Segundo Driver:

"De acordo com essa visão (a piagetiana) as dificuldades experimentadas pelos alunos na compreensão dos conceitos físicos tem sido atribuídas à falta de estruturas lógicas adequadas nos alunos. As implicações educativas desta teoria tem sido, ou tentar adequar os materiais de um curso à etapa de desenvolvimento cognitivo do aluno (Shayer e Adey, 1981) ou elaborar programas para acelerar o processo de maturação" Driver (1986, p. 9).

Estas críticas são as fundamentais e podem ser verificadas na maioria dos artigos publicados entre 1975 e 1985, cuja temática envolve concepções alternativas (Marín et al., 1994). Entretanto, outras críticas de caráter secundário, podem ser levantadas e enfatizam:

- a "validade" do uso de teses piagetianas no trabalho em concepções alternativas.

- o uso do método piagetiano de entrevista clínica para o levantamento de concepções alternativas. O método é considerado inadequado "pois as transcrições de entrevistas são notoriamente laboriosas e difíceis de interpretar", bem como "não são ferramentas que os professores poderiam usar em avaliações corriqueiras de sala de aula". Esses instrumentos de pesquisa têm, entretanto, se revelado como "indicadores muito mais confiáveis da quantidade e da qualidade de conhecimentos relevantes que um aluno possui" (Novak, 1988, p. 215).
- é também dito que os "extensos trabalhos piagetianos não são facilmente assimiláveis", tanto pela "sua complexidade", como pela sua "dificuldade" e "estilo complicado" (Marín et al., 1994, p. 13).

Certamente estas críticas são, sob alguns aspectos, pertinentes; entretanto, não são suficientes para a rejeição do trabalho piagetiano e para a afirmação de que até mesmo uma "assimilação parcial dos seus trabalhos parece ser inconveniente" (Millar, 1989). Ou sequer para concluir como Gilbert e Swilf (1985), que o paradigma usado pelas escolas piagetianas constituía um "*programa degenerativo*" (baseando-se no critério lakatosiano), por considerar que aquele trabalho não demonstrou nenhum progresso teórico, não predisse novos fatos e forneceu pequenas mudanças progressivas nas conclusões problemáticas.

É curioso que apesar destas críticas alguns aspectos relevantes do trabalho de Piaget tenham sido, em certa medida, incorporados pelo MCA. Como discutiremos posteriormente, os pesquisadores em concepções alternativas utilizam em determinados contextos as entrevistas clínicas piagetianas, assim como concentram seu interesse em concepções infantis envolvendo a conservação da matéria, peso e volume, e ainda as noções de força, movimento e constituição da matéria.

Da mesma forma que o trabalho piagetiano, o MCA discute aspectos particularmente importantes para a compreensão da gênese e natureza das concepções alternativas, como: idéias sobre realismo, animismo, egocentrismo e causalidade infantil. Assim como utilizam as características do conflito cognitivo para a estruturação de estratégias de mudança conceitual (*ver* discussão à página 20).

Embora os pesquisadores não relacionem frequentemente o seu trabalho às teses piagetianas e pelo contrário, procurem rechaçar as referidas teses, é notória a assimilação de alguns aspectos do trabalho de Piaget.

### **2.3 - Características das Concepções dos Estudantes**

Como costumam dizer os franceses:

*Não se deve jogar fora a água suja do banho com o bebê dentro da bacia.*

É nesse sentido que procuraremos, antes de discutir as características das concepções levantadas pelos estudos do MCA, trabalhar algumas teses piagetianas intrinsecamente relacionadas aos resultados de pesquisas obtidos pelos pesquisadores vinculados ao MCA.

#### **2.3.1 - Uma aproximação com a análise piagetiana**

Na perspectiva piagetiana, as concepções das crianças correspondem a um trabalho de elaboração e de estruturação que vai sendo efetuado em resposta aos desafios do meio. Compreendendo-se que para Piaget (1990b, p. 8): "o conhecimento não procede, em suas origens, nem de um sujeito consciente de si mesmo, nem de objetos já constituídos (do ponto de vista do sujeito) que se lhe impõem: resultaria de interações que se produzem a meio caminho entre sujeito e objeto, e que dependem portanto, dos dois ao mesmo tempo, mas em virtude de uma indiferenciação e não de trocas entre formas distintas".

Dessa forma mesmo o que parece apoiado na realidade é deformado, recriado pela criança, adquirindo características diferentes daquelas que um adulto confere aos objetos e símbolos ( linguagem ou imagens mentais).

Assim, Piaget (1926) identifica diferentes tipos de concepções infantis: crença espontânea, crença desencadeada e a crença sugerida.

As crenças que mais nos interessam são as espontâneas e desencadeadas pois provêm das reestruturações das crianças, enquanto a crença sugerida revela apenas o que o entrevistador quis fazer a criança dizer.

Santos, M. (1991, p. 61) organizou as características das crenças espontâneas e desencadeadas:

- são produtos da estrutura mental do sujeito, logo resistem às sugestões do adulto;
- evoluem com a idade mas o seu desaparecimento nunca será brusco;
- relacionam-se com os planos de realidade e de causalidade que apresentam na infância um desenvolvimento muito semelhante. Donde o seu tratamento não deve ser dissociado.

Entretanto, o fundamental para a compreensão da gênese e da natureza das concepções dos alunos são as teses piagetianas sobre realismo, animismo, egocentrismo e causalidade infantil.

### **2.3.1.1 - Egocentrismo e Realismo da Criança**

O bebê não manifesta o menor indício de uma consciência do seu eu, relacionando "tudo ao seu corpo como se fosse o centro do mundo, mas um centro que se ignora [...], numa total indiferenciação entre o subjetivo e o objetivo" (Piaget, 1990b, p. 9). Essa fase pode ser caracterizada pela expressão "*egocentrismo radical*". Entretanto, com o jogo fundamental das assimilações recíprocas, com a coordenação gradual das ações, as crianças coordenar-se-ão até ser constituída a conexão entre meios e fins, que caracteriza os atos de inteligência. Todo desenvolvimento intelectual, portanto, compreende uma passagem de um estado de egocentrismo inicial para um estado de objetividade.

Para Piaget, a distinção entre realismo e objetividade é crucial. O autor escreve que:

"Objetividade consiste em conhecer bem as mil intrusões do eu no pensamento de todos os dias e as mil ilusões que delas derivam - ilusões dos sentidos, da linguagem, dos pontos de vista, dos valores, procurando desprender-se dos travões do eu para emitir juízos. O realismo pelo contrário consiste em ignorar a perspectiva própria como imediatamente objetiva e absoluta. O realismo é, pois, a ilusão antropocêntrica". (Piaget, 1926, p. 29-30)

Dessa forma, o egocentrismo significa não só a ausência da consciência de si, mas também a ausência de objetividade. Que vão se transformando progressivamente por um processo de "*descentração*", enquanto a criança progride.

Ao nível sensório-motor a centração prende-se ao próprio corpo, numa indissociação entre as atividades próprias e o mundo exterior. Entretanto, com o começo da função semiótica e da inteligência representativa ocorrem as primeiras descentrações. A segunda descentração se verifica com o aparecimento das "operações concretas que ao coordenar as antecipações e as retroações chegam a uma reversibilidade" (Piaget, 1990b, p.45), possibilitando a coordenação de diferentes pontos de vista. Mas é com o aparecimento das operações formais que o adolescente terá que romper com o egocentrismo. Com o nascimento da reflexão - terá que ultrapassar o real para formar operações sobre operações. Por outro lado, as características do realismo infantil foram estudadas por Piaget a partir dos jogos e desenhos das crianças. O pesquisador constata que a criança começa a desenhar a partir daquilo que a rodeia e nesse sentido, é realista. No entanto, o seu realismo não é visual mas intelectual, pois ao desenhar ela representa não o que vê, mas como conhece os objetos, completa-os pelo seu pensamento

Santos, M. (1991), a partir do trabalho piagetiano, identifica três níveis de realismo infantil:

- confusão do objeto mental com a "coisa" que ele representa;
- uma segunda confusão é a do externo e do interno evidenciada pela explicação do sonho;
- enfim, uma terceira confusão ocorre entre o pensamento e a matéria, também evidenciada pelo sonho (identificando como matéria: fumaça, ar...).

### ***2.3.1.2 - Animismo Infantil***

As crianças tendem a representar espontaneamente corpos não vivos como dotados de consciência, de intencionalidade, de sensações e de sentimentos. Assim, o animismo é uma consequência do realismo infantil, pois, como vimos a criança no início de sua evolução não distingue o mundo psíquico do mundo físico e, portanto, é natural que tenha dificuldade em distinguir seres vivos e não vivos.



Piaget pesquisou a gênese do animismo infantil e identificou fatores convergentes de "ordem individual (indissociação e introjecção) e fatores de ordem social (sentimento de participação face ao ambiente e sentimento de obrigação moral induzido pela educação)" (Piaget, 1926).

A indissociação refere-se à dificuldade em distinguir entre o mundo físico e o psíquico, por exemplo as noções de ação e de intenção que aparecem primitivamente ligadas. Assim, todo movimento exterior é concebido como necessariamente intencional, toda a atividade como consciente e todo corpo como sabendo o que é, e que atributos possui. Só progressivamente ocorre a dissociação de ações intencionais e não intencionais.

A introjecção é a tendência para situar, nos outros ou nas coisas, a recíproca dos acontecimentos que se experimentam. "Assim, a consciência do esforço supõe atribuição de força ao objeto que resiste à consciência do desejo, que supõe atribuição de intencionalidade ao obstáculo, a consciência da dor supõe atribuição de maldade ao objeto que é fonte de dor, etc." (Piaget, 1926, p. 196).

Quanto aos fatores de ordem social, esses estão intrinsecamente ligados ao egocentrismo infantil. Pois, face ao ambiente social a criança tende a acreditar que suas intenções e pensamentos são partilhados pelos que o rodeiam.

Piaget (1926) ressalta ainda outros fatores como o reforço, ou regressão provocados na evolução do animismo infantil pelas imagens, analogias e metáforas usadas pelos adultos.

### ***2.3.1.3- Causalidade na Criança***

Outra noção que interfere nas representações do mundo pela criança, e que se constrói paulatinamente é a noção de causalidade.

Essa noção é construída pela criança a partir de sua descentração, pois com a indiferenciação e centração característica das primeiras fases, sua única referência comum e constante é seu próprio corpo, daí uma centração automática, um "egocentrismo radical", embora nem deliberado, nem consciente.

A causalidade primitiva, é portanto caracterizada por forte egocentrismo, pois a "criança atribui ao dinamismo de sua própria atividade toda eficácia causal e concebe o fenômeno percebido no exterior como um resultado dessa ação." (Santos, M.,1991, p. 67).

Santos, M. (1991, p. 67-80) recompila o trabalho piagetiano identificando estágios e tipos de causalidade:

- a) Num primeiro estágio todas as explicações são psicológicas, fenomenológicas, finalistas e mágicas.
- b) Num segundo estágio acrescentam-se às explicações do primeiro, explicações artificialistas, animistas e dinâmicas.
- c) Num terceiro estágio as explicações anteriores são substituídas por outras mais racionais.

A partir da caracterização desses estágios várias formas de causalidade são identificadas pela autora, dentre elas:

- causalidade fenomenista - é a causalidade segundo a qual a criança relaciona qualquer coisa ao acaso. Tudo pode ser produzido por tudo. Não havendo portanto uma cadeia de seqüências causais interligadas.
- causalidade polimórfica - "*mágico-fenomenista*" - está centrada na ação do próprio sujeito e fora de toda relação espacial, qualquer coisa pode produzir qualquer efeito. Nas palavras de Piaget:

"a causalidade nesse nível, permanece essencialmente psicomórfico: os objetos são espécie de seres vivos dotados de não importa que poderes, calcados sobre o da própria ação, como os de empurrar, puxar, atrair, lançar, etc. e tanto à distância quanto em contato, sem se preocupar com a direção das forças ou com a direção exclusiva que é a do agente independentemente dos pontos de impacto sobre os elementos passivos." (Piaget, 1990b, p. 23).

- causalidade simples - concebida a partir do modelo da própria ação, constituindo a forma inicial de explicação.
- causalidade circular - estabelece uma ligação entre duas relações causais recíprocas.

Entretanto, uma standardização de etapas e tipos de causalidade não é importante frente ao desenvolvimento da noção causal na criança.

Assim, com o desvencilhar-se do egocentrismo inicial, ocorre na criança, segundo Piaget (1990b, p. 10), "uma espécie de revolução copernicana que consiste em descentrar as ações em relação ao próprio corpo, em considerá-lo um objeto entre outros num espaço que contém a todos, e em ligar as ações dos objetos sob o efeito das coordenações de um sujeito que começa a conhecer-se enquanto fonte, ou mesmo, enquanto senhor de seus movimentos".

Por conseguinte, o sujeito coordena suas ações e os objetos são deslocados, adquirindo uma permanência espaço-temporal cujo resultado é a espacialização e a objetivação das próprias relações causais. Daí resultam as coordenações externas entre objetos, portanto a causalidade *lato senso*, com suas estruturações espaciais e cinemáticas.

As relações de causa e efeito vão se estruturando e progressivamente identifica-se a causa como uma intenção eficaz e o efeito como um fenômeno percebido. De forma que "a partir dos 7, 8 anos a causalidade passa a ser uma espécie de atribuição das próprias operações a objetos assim promovidos à categoria de operações, cujas ações tornam-se componíveis de maneira mais ou menos racional" (Piaget, 1990b, p. 37).

Finalmente, com as operações que Piaget denomina formais, ao nível dos 11-12 anos, e a possibilidade de raciocinar com base em hipóteses a criança já estabelece relações causais de maneira reversível e transitiva. Com esse progresso causal e "com esse poder de formar operações sobre operações que permite ao conhecimento ultrapassar o real e que lhe permite abrir caminho indefinido dos possíveis por meio da combinatória" (Piaget, 1990b, p. 46) a criança pode então compreender um conjunto de estruturas físicas entre as quais as de ação e reação.

Entretanto, como sustenta Piaget no livro "**A Causalidade Física na Criança**":

"A cada grau de dissociação, (o mundo interior e exterior)... evoluem no sentido de uma maior oposição, mas, durante a infância, e mesmo no estado adulto, nunca ficarão inteiramente separados. Logo não há nunca objetividade completa. Na concepção da natureza permanecem aderências em todos os estágios - parcelas da experiência interna agarradas às coisas" (Piaget, 1934, p. 7 apud Santos, M. 1991, p. 72)

Segundo Santos, as principais aderências seriam:

- a) fenomenismo - estabelecimento de laços de causalidade entre fenômenos contíguos no espaço ou no tempo.
- b) finalismo - representação da realidade como um conjunto organizado segundo planos bem definidos e quase sempre centrados na atividade humana.
- c) artificialismo - atribuição de um agente "*fabricador*" à origem das coisas.
- d) animismo - atribuição de vida, consciência e propriedades antropomórficas a seres inanimados.
- e) dinamismo - atribuição de energia semelhante à muscular humana a movimentos.

Parece óbvio que essas teses piagetianas não poderiam ter sido ignoradas pelos pesquisadores que investigaram as concepções alternativas e devem, portanto ser observáveis nas pesquisas do MCA. Nas próximas páginas procuraremos identificar de maneira geral estas entradas piagetianas no trabalho do MCA.

### 2.3.2 - Os Resultados de Pesquisa

Várias são as tendências dentro do MCA para a análise das concepções dos estudantes, a mais importante entretanto é aquela que não as considera como falsas, e analisa as concepções sob si próprias.

No estado inicial das pesquisas o termo originalmente empregado - “*misconceptions*”, considerava que as idéias prévias dos estudantes eram erradas e deveriam ser eliminadas, extinguidas e substituídas pela visão correta elaborada pela ciências. Hoje o termo “*misconceptions*” é raramente utilizado com o seu significado original e as concepções não são consideradas como uma visão errada ou como “idéias muito simples”, elas são importantes por facilitar a ação do indivíduo nas situações cotidianas e na interpretação dos fenômenos.

Provavelmente o primeiro trabalho a considerar as representações de forma positiva foi o de Driver e Easley (1978), esclarecendo que as situações nas quais o aluno desenvolve estruturas autônomas sobre os conceitos de suas experiência com o mundo físico seria por eles denominado como “estrutura alternativa” (*alternative framework's*).

Assim, as diferentes visões epistemológicas dos pesquisadores promoveram diferentes maneiras de análise das concepções. Entretanto, algumas características levantadas estão presentes em quase todos os trabalhos. Considera-se que:

- as idéias intuitivas dos alunos diferem significativamente do conteúdo formal das disciplinas, interferindo na sua aprendizagem (Osborne et al., 1983).
- são esquemas resistentes à mudança e perduram para além da aprendizagem formal e tradicional (Santos, M., 1991; Driver, 1986; Viennot, 1979).

Outras características são polêmicas e, até certo ponto, contraditórias:

- Enquanto alguns pesquisadores, vinculados à abordagem cognitivista (discutida no Capítulo 1) analisam as concepções dos alunos como de natureza eminentemente pessoal - pois cada indivíduo interioriza a experiência de uma maneira que lhe é própria, funcionando como um “sujeito interpretativo” (Santos, M., 1991); outros compreendem que as concepções dos estudantes sobre os fenômenos naturais não são idiossincráticas (Driver et al., 1994a), pois

além de idéias intuitivas similares terem sido detectadas em estudantes de diferentes meios e idades (Driver, 1986) os estudos mostram ainda que as concepções são influenciadas pelos aspectos culturais (Thijs e Berg, 1995)

- Enquanto alguns consideram que a elaboração das concepções têm por base modelos de pensamento basicamente empiristas em domínios experimentais específicos, restritos e penetrados por crenças e certezas prematuras (Santos, M., 1991; Osborne et al., 1983). Outros compreendem que as concepções são formadas por um processo combinado de indução, intuição e imaginação do aluno, sendo fortemente influenciada pela linguagem. “Os alunos manejam linguagem imprecisa e termos diferenciados para expressar suas idéias, em alguns casos podem inclusive não torná-las explícitas para si próprios” (Driver, 1986).
- Outros analisam que as concepções têm natureza estruturada - constituem-se um corpo organizado de conhecimentos solidários de uma estrutura, sendo dessa forma, esquemas dotados de uma certa coerência interna e amplo poder explicativo (Osborne et al., 1983). Essa coerência permite uma inferência lógica perfeita mas, cientificamente incorreta. Por outro lado, Solomon et al. (1994) demonstra a coexistência de diversas concepções efetivamente contraditórias entre si.

Entretanto, a procura da identificação e caracterização das concepções alternativas, desenvolvida pelo MCA não tem o objetivo de analisar as características mais globais daquelas concepções, mas ao contrário, é guiada pela necessidade de elaboração de trabalhos que investiguem as concepções em campos específicos do conhecimento científico.

Dessa forma, como já mencionamos, um dos temas mais pesquisados foram os diversos conteúdos da física, principalmente aqueles envolvendo Mecânica (força e movimento, trabalho, energia, gravidade, aceleração, etc.) e Eletricidade (eletromagnetismo, circuitos elétricos, corrente, voltagem e resistência, etc.).

Driver (1986, p. 4-8) faz um levantamento e discussão das características das concepções alternativas dos estudantes sobre força e movimento a partir dos trabalhos de vários autores:

- Os estudantes tem tendência a definir o verdadeiro movimento e a mobilidade intrínseca e não com respeito a algum corpo ou sistema de referência (Saltiel e Malgrange, 1980).
- Quando utilizam sistema de referência estes são absolutos (Aguirre e Erickson, 1984).
- Apresentam tendência muito grande a associar força e movimento (Watts e Zylberztajn, 1981), de forma que se não existir força, não há movimento (Clement, 1982).
- Acreditam ser necessário que uma força atue continuamente para manter um movimento - os objetos param quando acaba a força (Driver, 1973; McDermott, 1984).
- Para os estudantes a força varia conforme a rapidez do movimento (Viennot, 1979; Clement, 1982) e o movimento ocorre na direção da força aplicada (Di Sessa, 1982).
- Um objeto em repouso não pode exercer força (Driver, 1973; Minstrell, 1982).
- Quanto mais alto está o objeto maior será a gravidade (Gunstone e White, 1981; Watts, 1982). Sendo que a gravidade necessita de meio e está associada com o ar atmosférico (Sjoberg e Lie, 1981).

Apesar dos autores do MCA, não estabelecerem freqüentemente conexões entre os resultados de seus trabalhos e as teses piagetianas, parece claro que as concepções de força e movimento e as distorções assinaladas estão imbuídas de animismo (por exemplo: "um bloco permanece em repouso em um plano inclinado porque faz força para não cair" (Solis Villa, 1984, p. 84); de dinamismo (ao se perguntar a uma criança o que ocorre a duas esferas de massas distintas que giram ao redor da terra ela respondeu que as esferas pararam: "Depois de impulsioná-las, avançam tanto como o impulso... por mais forte que seja e quando se gasta, volta a como estava antes." (Driver, 1986, p. 6) como se os objetos possuíssem energia semelhante à muscular humana.

Para as concepções envolvendo o conceito de energia, Trumper (1993, p. 140) reúne, a partir do trabalho de Gilbert e Pope (1986), as seguintes características:

- antropocentrismo - energia é associada com a existência humana;
- a energia pode ser depositada - alguns objetos tem energia e gastam-na (*concepção animista*);
- atividade - a energia é obviamente uma atividade;

- produtora - a energia é produtora de uma situação, é um produto de algum processo ou processos, é a causa das coisas que acontecem (*causalidade fenomenista*).

Evidentemente essas características das concepções dos estudantes sobre o mundo físico, remetem à discussão das estruturas causais utilizadas pelas crianças e adultos na elaboração de suas construções conceituais.

Gutierrez e Ogborn (1992), analisam estas estruturas causais, a partir de modelos mentais mecanicistas (*mechanistic mental models*) de Kleer e Brown (1984) e identificam as seguintes características da causalidade infantil:

- as crianças tendem a identificar uma causa com um efeito;
- quando uma causa não pode ser estabelecida, as crianças resolvem o problema com causalidade mítica ou usando raciocínios circulares;
- na modificação de modelos as crianças ignoram causas quando os efeitos estão ausentes ou são pequenos, até que consigam provar de outro modo, assumem que não conhecem atributos ou eles têm valor insignificante.

É bastante curioso que os pesquisadores não tenham utilizado as noções desenvolvidas por Piaget, em muitos de seus trabalhos<sup>9</sup>. Obviamente, as características apontadas por Gilbert e Pope (1986) e por Gutierrez e Ogborn (1992) para as concepções dos estudantes estão intrinsecamente ligadas às concepções piagetianas que foram sucintamente analisadas em 2.3.1..

Nosso objetivo, a despeito das aparências, não é somente estabelecer um estudo comparativo entre os estudos piagetianos e os trabalhos do MCA, essa tarefa já foi desenvolvida por Marín et al. (1994).

---

<sup>9</sup> Vários são os trabalhos de Piaget e seus colaboradores sobre o desenvolvimento de noções físicas na criança; tais como, **o tempo** (*La construction de la notion de temps chez l'enfant*, 1946); **o movimento e a velocidade** (*Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfante*, 1946; *La représentation de l'espace chez l'enfant*, 1948); **a força** (*La formation de la notion de force*); **a conservação e o atomismo** (*O desenvolvimento das quantidades físicas na criança - Conservação e Atomismo*); **a causalidade** (*La causalité physique chez l'enfant*, 1927; *La construction du réel chez l'enfant*, 1937; *Les explications causales*, 1971); etc. Um levantamento bibliográfico dos trabalhos realizados pode ser encontrado em Piaget (1990b)



Nesse sentido, apresentaremos outro trabalho que procura não somente identificar as características das concepções, mas estabelece parâmetros teóricos em sua análise. Trata-se do artigo de Pozo et al. (1991, p. 84), onde o autor se propõe a analisar “os processos psicológicos que estão na origem das idéias dos alunos”, e faz uma revisão bibliográfica do assunto, verificando a partir dos trabalhos de vários autores ligados ao MCA algumas das características das concepções: “há a predominância do perceptivo”, “o uso de um raciocínio causal simples”, “a influência da cultura e da sociedade, canalizada especialmente através da linguagem”.

Pozo et al. (1991), numa aparente assimilação do trabalho piagetiano, a partir das características mencionadas, identifica três tipos de concepções infantis em contínua interação: as concepções podem ser espontâneas (de origem sensorial), concepções induzidas (de origem induzida) e as concepções análogas (de origem analógica - para o autor, quanto menor a conexão de um assunto com a vida cotidiana, maior a probabilidade do aluno, para sua melhor compreensão, estabelecer analogias, seja geradas por si próprios ou sugeridas através do ensino).

Para o autor grande parte das concepções espontâneas são construídas na intenção de dar sentido à atividade cotidiana, estando estas impregnadas por um empirismo e uma causalidade procedentes das impressões que os estímulos deixam em nossos sentidos.

Dessa forma, na busca das causas os alunos tendem a explicar as mudanças não os fenômenos, não fazem indagações causais sobre o que parece “natural” ou “normal”, mas sobre o que é surpreendente, inesperado, um fato novo, “seu pensamento esta dominado pelo perceptível”. Assim, por exemplo, os gases não têm propriedades quando não são visíveis (Seré, 1985 apud Pozo et al., 1991, p. 86), e “pois o que não se percebe, não se concebe”.

O autor (1991, p. 86-87) estabelece ainda alguns fatores que interferem na determinação causal de um fato por parte das crianças, caracterizando:

- a) a acessibilidade - “dado um fato, tendemos a atribuí-lo a aquela causa que seja mais acessível a nossa memória, quer dizer, que lembramos com maior facilidade”.
- b) a contemporaneidade - quando mais recente a utilização ou processamento de uma informação melhor a sua utilização pelos alunos.

- c) a freqüência - tendemos a utilizar mais provavelmente aquelas relações causais às quais recorreremos com maior freqüência.
- d) a saliência - o grau em que uma informação é destacada ou suplementar, afeta a probabilidade de sua reutilização.

Pozo et al. (1991) discute ainda regras de semelhança e indicam que tendemos a crer que existe uma semelhança básica entre os fatos e os efeitos, e entre os fatos e os modelos que os explicam, levando-nos assim a atribuir à realidade desconhecida as propriedades dos modelos conhecidos ou mais acessíveis. Atribuindo propriedades animistas aos objetos e dando aos fatos explicações “antropocêtricas”.

Segundo Pozo et al. (1991) as crianças crêem intuitivamente que a grandes efeitos correspondem grandes causas. Essa relação quantitativa entre causa e efeito leva os alunos a raciocinar sobre fenômenos científicos com uma causalidade linear, unidimensional e simples. A linearização provocaria a contiguidade espacial e temporal entre causa e efeito, regra segundo a qual, causa e efeito devem estar próximos no espaço e no tempo, determinando uma tendência em buscar as causas dos fatos nos fenômenos imediatamente anteriores aos fatos.

O autor utiliza teses claramente piagetianas, entretanto não faz referência a estas ao discutir as relações estabelecidas pela criança entre causa e efeito. Mantém assim a tradição do movimento em não assumir o estabelecimento de vínculos com o trabalho de Piaget.

Fica bastante claro que existem várias contradições nos resultados obtidos e principalmente nas análises implementadas, entretanto, nos parece que esses resultados reforçam a análise piagetiana. Evidentemente, as análises vanguardistas no interior do MCA, fogem ao escopo de análise elaborado por Piaget por compreenderem que as concepções têm natureza sobretudo lingüística e cultural.

### **2.3.3 - À Procura das Concepções Alternativas - Questões Metodológicas**

Conhecer o conteúdo do pensamento das crianças é uma tarefa que envolve questões metodológicas complexas como um método eficiente, com base teórica bem estabelecida e

profissionais bem experimentados na execução do método escolhido, através do estabelecimento de um alto grau de qualidade para a condução dos experimentos, na seleção e treinamento cuidadoso dos pesquisadores, na administração de controles relevantes e na replicação de experimentos assegurando que os resultados não sejam meramente acidentais.

Os métodos psicológicos, (tanto observacionais quanto experimentais) precisam ser aplicados nessa tarefa e análise. O método psicológico mais utilizado nos estudos do MCA foi, sem dúvida, o método piagetiano de entrevista clínica.

Piaget recorreu ao método das entrevistas, à observação pura e à confrontação com problemas concretos que a criança deve resolver por antecipações ou explicar após uma demonstração, e a uma conjugação dessas três técnicas. Todavia, o método clínico, usado em psiquiatria como meio de diagnóstico foi introduzido na psicologia por Piaget e usado largamente pelo pesquisador. Segundo Claparède, no prefácio do livro de Piaget *"A Linguagem e o Pensamento da Criança"*, a técnica refere-se ao "método de observação que consiste em deixar falar a criança e em anotar a maneira pela qual o seu pensamento se desenvolve" (Piaget, 1923, p. 16 apud Santos, M. 1991, p. 57).

Essencialmente, o método clínico consiste em situar cada resposta no seu contexto mental. Usa-se uma situação padrão como ponto de partida para a entrevista e a criança é sempre solicitada a explicar suas respostas para que se possam compreender suas percepções e seus processos de raciocínio.

Para que o método possa ser aplicado com êxito, Piaget ressalta que o entrevistador deve: saber observar, não impedir a criança de falar livremente, mas ao mesmo tempo, ter sempre uma hipótese ou uma teoria para testar. Acompanhar o raciocínio da criança, mas não concluir por ela: o essencial é a obtenção de justificativas para as respostas dadas, numa atmosfera amigável, alegre e não ameaçadora.

A observação pura é um método que pode nos aproximar do pensamento espontâneo da criança; entretanto, "O uso da observação pura é limitado pelo egocentrismo intelectual da criança e pela dificuldade que há em distinguir as suas crenças das suas fabulações" (Santos, M.,

1991, p. 58). Então, para diminuir esses inconvenientes é que se associa, muitas vezes, a esta técnica a da entrevista clínica.

Todavia, em outras situações quando se pretende trabalhar conteúdos específicos ou estruturas de raciocínio e desenvolvimento de conceitos relativos ao mundo (por exemplo - corpos flutuantes e transmissão de movimento) a técnica utilizada inclui predição das situações problema, verificação, experimentação e a explicação do que ocorreu.

Essas técnicas foram utilizadas, de forma isolada ou conjunta, por vários pesquisadores em concepções alternativas e apesar das críticas dirigidas ao método piagetiano, alguns pesquisadores utilizaram o trabalho de Piaget numa composição com diferentes técnicas de tratamento e levantamento de concepções.

Outros programas psicológicos importantes parecem não ter sido utilizados pelos pesquisadores do MCA, como o método de introspecção adotado por Wilhelm Wundt - o responsável pelo desenvolvimento disciplinar da psicologia científica experimental.

Na concepção wundtiana a psicologia é o estudo da experiência consciente enquanto experiência. Ela deve ser abordada através da observação interior, através da *introspecção* - um método por meio do qual uma pessoa presta uma atenção meticulosa às suas próprias sensações e as relata da forma mais objetiva possível. Wundt estabelece distinções entre as experiências individuais (que são suscetíveis de introspecção) e aqueles aspectos da experiência que são por natureza sociais ou comunitário (Gardner, 1995, p. 118).

Por outro lado, métodos de outras áreas poderiam ter sido utilizados na análise das concepções dos estudantes; assim, o estudo das concepções formadas a partir de influências culturais (problemas com homônimos ou metáforas, onde as mesmas palavras podem ter significados diferentes, ou onde palavras diferentes podem ter o mesmo significado) deveria ser realizada a partir de métodos antropológicos, capazes da análise de contexto cultural e histórico.

O trabalho de Lévi-Strauss, apesar de não fornecer descrições suficientemente rigorosas de seus métodos analíticos, propõe uma análise antropológica das representações mentais, fundamentalmente culturais que devem ser concebidas como lingüísticas por natureza.

Apesar da diversidade de métodos que poderiam ser relacionados à análise e levantamento das concepções dos alunos, é interessante verificar que a grande maioria dos trabalhos utiliza as entrevistas clínicas piagetianas. Algumas combinações metodológicas são efetuadas, embora alguns autores critiquem a mistura de métodos e o trabalho desenvolvido pelo MCA, "que é feito sem rigor científico e metodológico" (Marín et al., 1994, p.12).

Uma revisão metodológica dos trabalhos efetuados pelo MCA demonstra, além da predominância das entrevistas clínicas:

- abordagens esquemáticas que utilizam mapas conceituais (Novak e Musonda, 1994; Fellows, 1994; Ross e Munby, 1991);
- estudos de caso (Hewson, 1982);
- abordagens metodológicas quantitativas, que utiliza testes de múltipla escolha no levantamento das concepções (Kuiper, 1994)
- entrevistas individuais ou em grupos de alunos (Solomon et al., 1994)
- ilustrações envolvendo um fenômeno ou situações da vida cotidiana (Licht e Thijs, 1990).

Todas estas metodologias são utilizadas conjunta e isoladamente pelos pesquisadores do MCA. Santos, M. (1991, p.100) aponta ainda outras estratégias utilizadas: a associação livre de palavras e expressões, discussão de situações reais ou imaginárias, interpretação de desenhos, composição livre e desenho livre.

#### ***2.4 - Outras Contribuições do MCA à Didática das Ciências: para além das investigações sobre as concepções dos estudantes.***

A partir do que foi discutido, é possível concluir que o MCA foi na década de 80, e ainda é, uma importante linha de pesquisa em educação que tem contribuído para a investigação das concepções alternativas dos estudantes e da mudança conceitual.

Sem dúvida, o movimento conseguiu disseminar entre os pesquisadores em educação a idéia de que as crianças trazem consigo concepções construídas a partir de suas interações com o mundo quando ingressam na escola e que estas idéias são importantes para o ensino-

aprendizagem de conceitos científicos, contribuindo dessa forma, para o estabelecimento de uma concepção construtivista para a Educação e Ciência.

No entanto, o MCA a despeito de suas motivações iniciais não se dedicou apenas ao levantamento de concepções em campos específicos do conteúdo disciplinar de ciências, mas procurou discutir outras questões, como a imagem que os alunos constroem sobre a natureza da ciência e da tecnologia (Solomon et al., 1994) verificando a emergência de diferentes imagens e demonstrando a coexistência de várias concepções efetivamente contraditórias entre si.

Os pesquisadores do MCA compreenderam ainda: i) que seria necessário utilizar o conhecimento acumulado sobre as concepções dos estudantes como uma informação importante nas decisões sobre organização e desenvolvimento de propostas curriculares; ii) por outro lado, fomentaram vários paralelos entre as concepções dos estudantes e as primeiras concepções científicas ou pré-científicas verificadas na história da ciência, fornecendo grande impulso para a utilização a história da ciência no ensino de ciências. iii) reconheceram também a necessidade da realização de estudos sobre as concepções dos professores e o estabelecimento de programas de capacitação profissional capazes de habilitar os professores ao trabalho com as concepções dos estudantes.

#### **2.4.1- Questões Curriculares...**

Nos anos 60 o trabalho piagetiano sobre estágios operacionais influenciou a construção e desenvolvimento de grande número de currículos de ciências. Uma revisão desses currículos foi elaborada por Driver et al. (1994a) e mostra que, em geral, eles são baseados no uso da teoria de estágios como suporte para estabelecimento de correspondências entre as demandas lógicas necessárias em um tópico particular do conteúdo de ciências e o nível de capacidade intelectual do aluno.

Apesar das críticas a esta análise (*ver* discussão à página 39), sua implementação ocorreu praticamente no mundo todo. Outra análise também utilizada é oriunda da obra de Bruner (1963), relativa à noção da estrutura das disciplinas, que tem sido base para o planejamento curricular

sobre uma análise de hierarquização de conceitos dentro de um domínio, também amplamente criticada.

A partir dos anos 80, entretanto, os pesquisadores do MCA voltaram parte de suas preocupações para projetos curriculares, utilizando as informações sobre as trajetórias da aprendizagem de conceitos e aperfeiçoando o currículo de ciências. Segundo Millar (1989), a abordagem construtivista possibilita uma grande contribuição para o currículo de ciências através do refinamento da seqüência curricular.

Os estudos implementados (Driver e Oldham, 1986; Driver et al, 1994a, p. 77) evidenciam que as concepções dos estudantes em ciências “dão suporte a uma visão mais complexa e dinâmica da evolução conceitual do conhecimento dos estudantes ao longo dos anos de escolarização”.

#### **2.4.2- História da Ciência...**

Influenciados pelo paralelismo entre o desenvolvimento individual e o desenvolvimento histórico conceitual da ciências estabelecido por Piaget (1990a), e aprofundado na obra *Psicogênese de História das Ciências* (Piaget e Garcia, 1987), os pesquisadores em concepções alternativas procuraram na história das ciências modelos explicativos correlatos às concepções detectadas nos estudantes.

Os pesquisadores em concepções dos estudantes e mudança conceitual utilizam frequentemente, analogias entre as concepções investigadas e as diferentes etapas da evolução histórica dos conceitos científicos. Vários trabalhos analisam e classificam as concepções como “pré-galileianas”, “galileianas”, “newtonianas”, “crenças aristotélicas”- num explícito paralelismo com a história das ciências.

Apesar de polêmicas, as teses envolvendo ontogenia e filogenia ( ver Franco e Colinvaux-De-Dominguez, 1992) forneceram um instrumento de análise que dirigiu as atenções dos pesquisadores para as contribuições da história da ciência para o ensino.

### 2.4.3- Concepções dos Professores

Apesar das reformas e projetos curriculares, os problemas com ensino-aprendizagem de conteúdos científicos perduram e alguns pesquisadores analisam que o foco da atenção não deveria estar sobre a aprendizagem do aluno, mas sobre o processo de ensino, evidenciado através das abordagens utilizadas em sala de aula.

Stofflett e Stoddart (1994), identificam dois problemas fundamentais na ação docente: i) muitos professores apresentam sérias deficiências no conteúdo conceitual da ciência que ensinam, utilizando em suas explicações teorias científicas similares às das crianças da escola elementar; ii) há uma ausência de conteúdo didático pois a maioria dos professores têm alguma experiência didática somente em sua própria escolarização, suas concepções sobre ensino de ciências são didaticamente primárias.

As pesquisas sobre as concepções dos professores evidenciam que muitas concepções alternativas dos docentes sobrevivem ao processo de escolarização e muitas explicações dadas aos fenômenos naturais não correspondem às explicações científicas ou são uma mistura (nem sempre feliz) de concepções individuais e da ciência.

Por outro lado, as concepções didáticas dos docentes incluem visões onde “o processo de ensino efetua-se por transmissão, realizada pelo professor de conhecimentos previamente sistematizados”, ou ainda “efetua-se com ênfase na gravação fixação (memorização) de conhecimentos”(Abib, 1994, p. 113), o que denuncia uma concepção tradicional de ensino que certamente influencia a aprendizagem de novas metodologias; como resultado os professores, assimilam novas estratégias em ensino insuficientemente ou rejeitam completamente a nova estratégia.

Resumidamente, os dois principais problemas seriam (Stofflett, 1994):

- uma instrução didática tradicional que é perpetuada em sala de aula,
- as concepções espontâneas dos professores sobrevivem ao seu processo de escolarização, assim, eles normalmente vêem a ciência como um corpo de fatos absolutos que são provados ou verificados pelos cientistas.



Estes problemas evidenciam a necessidade de um novo enfoque para a formação do futuro professor de ciências, familiarizando-no com o modo peculiar do aluno de entender a realidade, treinando-o na “detecção de erros e no uso de estratégias didáticas que considerem o conhecimento construído pelo aluno” ( Solis Villa, 1989, p.88).

Neste sentido, vários projetos visando a formação de professores vêm sendo realizados, relacionados às estratégias baseadas em modelos de aprendizagem para a mudança conceitual (Cachapuz, 1993; Abib, 1994; Schnetzler, 1993).

### ***2.5 - Abordagens para o Tratamento das Concepções Investigadas: linhas evolucionárias (Evolução Conceitual) e linhas revolucionárias (Mudança Conceitual)***

Como discutimos no Capítulo 1, o Construtivismo implementado na sala de aula utiliza abordagens vinculadas às análises psicológicas, entretanto esta não é a única característica das abordagens de pesquisa utilizadas pelo MCA para as estratégias em sala de aula. As abordagens concentram-se também na aprendizagem de conceitos dos diversos conteúdos disciplinares de ciências, tendo desta forma, grande preocupação com o processo de construção conceitual.

Na concepção dos pesquisadores do MCA, o trabalho do ensino aprendizagem objetiva ajudar os estudantes a elaborar construções que conduzam ao conhecimento correto sob o ponto de vista científico, num delicado balanço entre a ação do estudante e a orientação do professor.

Um “balanço” que permitirá ao aluno o acesso à orientação adequada neste processo de construção, onde não se implemente o discurso do “aprender a aprender”, do “auto desenvolvimento” que criticamos no Capítulo 1. Neste sentido, Driver et al. (1994b) realizam uma análise onde o ensino de ciências é um processo de enculturação, onde o professor tem o papel de um “tradutor” que introduz o estudante em uma herança cultural, procurando estabelecer um meio termo entre os aspectos individuais (psicológicos) e os aspectos culturais (sociológicos) para a construção do conhecimento.

Este processo de construção de novos conhecimentos é analisado sob diferentes óticas dentro do MCA, Duit (1993) distingue duas análises utilizadas para as trajetórias conceituais dos estudantes: “contínuas (evolucionárias) e descontínuas (revolucionárias)”.

Não consideramos que os termos “contínuo” e “descontínuo” sejam os melhores para caracterizar a visão dos pesquisadores. O termo contínuo (*continuous*) é sinônimo de linear, constante, permanente e, obviamente, a perspectiva dos pesquisadores não é de continuidade - linearidade e não aprendizagem -, ao contrário, o progresso a ser realizado e analisado no conhecimento do aluno é gradual, as transformações são canalizadas através da trajetória conceitual. Dessa forma optamos por utilizar os termos “evolucionário” e “revolucionário”.

As abordagens evolucionárias compreendem que o processo de aquisição do conhecimento, a aprendizagem em um domínio específico, é caracterizado em termos do progresso no pensamento, através de uma seqüência de conceituações (trajetória conceitual). Segundo Driver et al. (1994a, p.89) “traçar a aquisição de conhecimentos científicos numa perspectiva evolucionária é reconhecer discontinuidades na aprendizagem”. Decontinuidades que são verificadas através do processo de superação de velhas crenças, não caracterizado como uma ruptura. As concepções são transformadas através da trajetória conceitual.

Essas abordagens reconhecem ainda a possibilidade da coexistência de concepções espontâneas e científicas, por compreenderem que as concepções prévias dos estudantes têm grande valor em certas situações do cotidiano, enquanto em outros contextos os conhecimentos científicos são mais convenientes. O objetivo da escolarização, é portanto, fornecer ao aluno conhecimentos que possibilitem trajetórias conceituais mais eficazes (sob o ponto de vista científico) e não promover *substituições* conceituais.

Vários são os pesquisadores do MCA com orientação evolucionária, como Brown e Clement et al. (1989) através das estratégias das “*brindging analogias*” (analisadas à página 23), o modelo de “perfil conceitual” elaborado por Mortimer (1994a) e a abordagem da “Complexificação Conceitual” de Desátels e Larrochelle (1992), que serão analisados no Capítulo 4.

Duit (1993) analisa ainda a “reinterpretação” (Jung, 1986), que utiliza semelhanças entre as concepções prévias dos estudantes como ponto inicial para comparações de diferentes maneiras, assinalando que “a abordagem da reinterpretação parece ser frutífera no tratamento de alguns tipos de concepções”.

Abordagens revolucionárias ou de mudança conceitual (Posner et al, 1982; Hewson e Thorley, 1989), são uma analogia explícita entre as mudanças conceituais nas disciplinas científicas e as que ocorrem com as pessoas ao aprenderem ciências, fomentadas principalmente pelos trabalhos epistemológicos revolucionários dos anos 60, sobretudo, as análises sobre revoluções científicas de Thomas Kuhn (1992), as mudanças nos programas de pesquisa lakatosiana (Lakatos, 1979) e as características de uma ecologia conceitual de Toulmin (1977).

Na concepção revolucionária, “tanto a aprendizagem de ciências como o crescimento do conhecimento científico não podem ser compreendidos como mera acumulação de fatos, eles são caracterizados como transformações do conhecimento presente e a compreensão dos dois processos requer mudanças de concepções” (Strike e Posner, 1982)

Assim, a teoria instrucional revolucionária sustenta que os estudantes devem se tornar insatisfeitos com suas antigas concepções, através de um processo de desestruturação conceitual; bem como, as novas concepções devem ser inteligíveis, plausíveis e frutíferas, para que a reestruturação conceitual possa ocorrer (Hewson, 1982).

O conflito cognitivo (discutido às páginas 20-22) é o elemento chave da mudança conceitual, porque os pesquisadores compreendem que a insatisfação cognitiva tal como as “anomalias” no modelo kuhniano tem um papel crucial na mudança de conceitos (paradigmas), de forma que várias estratégias de conflito foram elaboradas (Nussbaum e Novick, 1982).

Essa discussão relativa à ótica educacional da mudança conceitual será aprofundada no Capítulo 3, quando teremos oportunidade de analisar o modelo de mudança conceitual.

Gostaríamos de encerrar este capítulo reiterando a importância que os estudos do MCA têm para a didática das ciências; não apenas ao fortalecer as concepções construtivistas de ensino, mas também por contribuir para o estabelecimento de linhas claras na pesquisa instalando, nos últimos anos, uma fase paradigmática na história da educação em ciências.

## CAPÍTULO 3

### MUDANÇA CONCEITUAL de POSNER, STRIKE, HEWSON e GERTZOG: “*Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change*”\*

*O conhecimento do real é uma luz que sempre projeta alguma sombra. As revelações do real são sempre recorrentes. O real não é jamais “o que poderia se crer”, mas sempre o que deveria haver se pensado... Ao voltar-se sobre um passado de erros, se encontra a verdade em um verdadeiro estado de arrependimento intelectual. De fato, se conhece contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal adquiridos ou superando aquele que, no próprio espírito, é um obstáculo à espiritualização.*

GASTON BACHELARD

#### **3.1 - Mudança Conceitual: sinônimo de aprender ciências.**

Como tivemos oportunidade de analisar nos capítulos anteriores, a pesquisa em ensino de ciências foi, nas duas últimas décadas, marcada por uma procura incessante pela compreensão e catalogação do pensamento dos estudantes relacionados aos conteúdos científicos trabalhados durante a escolarização.

Vinculada à visão construtivista de pesquisa em ensino, a procura das concepções dos estudantes incluiu um amplo espectro de visões, metodologias, referenciais e promoveu, conseqüentemente, diferentes abordagens para o tratamento das concepções, ou seja, diferentes

---

\* “Acomodação de um conceito científico: em direção a uma teoria de mudança conceitual”

modelos de ensino-aprendizagem de ciências - sejam elas as abordagens evolucionárias ou revolucionárias, discutidas anteriormente.

Mas certamente nenhum modelo conseguiu atingir o *status* de popularidade alcançado pelo modelo de mudança conceitual.

A mudança conceitual se tornou “sinônimo de aprender ciências” (Neidderer et al., 1991 apud Mortimer, 1994b) e um número impressionante de pesquisas no campo construtivista em ensino, procuraram promover e efetivar mudanças conceituais nos alunos, tornando-se praticamente consensual entre os pesquisadores que a “aprendizagem de conceitos e a mudança conceitual acentam-se sobre o coração da aprendizagem de ciências” (Nussbaum, 1989, p. 530).

Uma primeira e rápida análise do processo ensino-aprendizagem, pode nos levar a crer que esse é um processo de mudança conceitual, entretanto o primeiro modelo a organizar essa idéia de forma clara e precisa aparece na literatura nos primeiros anos da década de 80, através dos trabalhos de um grupo de pesquisadores da *Cornell University* - Hewson (1981, 1982), Strike e Posner (1982), Posner, Strike, Hewson e Gertzog (1982).

Neste capítulo, nos deteremos na análise desse modelo que mobilizou esforços e pesquisas no mundo todo. Como um ideal alquímico transfigurado na pesquisa em educação: a transmutação das concepções dos estudantes (matéria símiles) em saber científico (ouro ou prata).

### **3.2 - O modelo**

O Modelo de Mudança Conceitual, proposto por Posner et al. em 1982, focaliza sua atenção nas representações dos alunos que são inconsistentes e irreconciliáveis com os conceitos científicos veiculados na educação formal, procurando apontar a partir de modelos epistemológicos contemporâneos uma alternativa que favoreça a apropriação de conceitos científicos pelos alunos. Os autores pretenderam, dessa forma, construir uma "teoria bem articulada que descrevesse ou explicasse as dimensões substantivas do processo pelo qual as pessoas mudam seus conceitos centrais e organizadores" (Posner et al., 1982, p. 211).

Na perspectiva de Posner et al., a aprendizagem é uma atividade racional, é o resultado da interação entre o que se ensina ao aluno e suas próprias idéias e conceitos. O pressuposto básico do modelo é que as "idéias", "representações" ou "concepções alternativas" dos alunos podem ser substituídas pelas concepções científicas.

Os pesquisadores reconhecem ainda a existência de variáveis afetivas e motivacionais no processo ensino-aprendizagem, mas não os consideram em sua análise, na qual a aprendizagem deve ser considerada como um processo conceitual, aprender é compreender e aceitar idéias, por serem estas inteligíveis e racionais.

Dessa forma, e a partir de fundamentos epistemológicos e psicológicos que serão discutidos posteriormente, os autores estabelecem quatro condições para que a mudança conceitual ocorra, aquelas que parecem ser comuns na maioria dos casos (Idem, p. 213-214):

- 1- Deve existir insatisfação com as concepções existentes. É improvável que alunos e cientistas realizem mudanças radicais em seus conceitos a menos que percebam anomalias ou que suas explicações não funcionem mais.
- 2- Uma nova concepção deve ser mais inteligível. A pessoa deve ser capaz de compreender como a experiência pode ser construída por um novo conceito, suficientemente para explorar suas possibilidades; o que requer a compreensão dos termos e símbolos utilizados, a construção ou identificação de uma representação (proposição ou imagens) coerente com o que se quer dizer.
- 3- Uma nova concepção deve parecer inicialmente plausível - A plausibilidade é um resultado da consistência dos conceitos com outros conhecimentos. Um novo conceito adotado deve, pelo menos, parecer ter a capacidade de resolver os problemas gerados por seus predecessores, guardando uma coerência com os compromissos epistemológicos, as crenças metafísicas em vigor, com outras teorias ou conhecimentos e com a experiência anterior.
- 4- Uma nova concepção deve sugerir a possibilidade de um programa de investigação frutífero. Deve oferecer a possibilidade de estender-se, de abrir novas áreas de investigação. Ao nível individual, as pessoas devem ser capazes de aplicar as novas

concepções ao mundo e devem interpretar a realidade com elas, conduzindo a novas formas de ver as coisas - novos descobrimentos.

Tais condições elegem a insatisfação do aluno com suas idéias prévias e a inteligibilidade, plausibilidade e fertilidade de novos conceitos como as condições suficientes para a substituição de concepções espontâneas por concepções científicas.

Os autores ilustram estas condições para a ocorrência da mudança conceitual com exemplos sobre a explicação da Teoria da Relatividade Restrita de Einstein tomados de entrevistas com estudantes e professores de física. (Posner et al., 1979 apud Posner et al., 1982)

Entretanto, essas condições serão, na análise dos autores, influenciadas pela “ecologia conceitual” do indivíduo, entendida como o conjunto de conceitos atuais de uma pessoa que governam a mudança conceitual.

Os conceitos da “ecologia conceitual” particularmente determinantes na direção de uma mudança conceitual, são (Posner et al., 1982, p.214-215; Strike e Posner, 1982, p.235-236):

- 1- Anomalias - o caráter das falhas específicas de uma idéia.
- 2- Analogias e metáforas - sugerem novas idéias e as tornam inteligíveis.
- 3- Compromissos epistemológicos - ideais explanatórios e pontos de vista gerais sobre o caráter do conhecimento.
- 4- Crenças e conceitos metafísicos.
- 5- Outros conhecimentos - de outros campos ou conceitos competitivos.

A partir do conjunto de condições para a mudança de conceitos e dos fatores que regem a ecologia conceitual, os autores compreendem que esse modelo geral de mudança, derivado das análises da filosofia da ciência, pode servir para a aprendizagem; propondo objetivos curriculares, características da ação docente e estratégias pedagógicas que poderiam favorecer a aprendizagem, ou seja, propostas para facilitar a mudança conceitual (Posner et al., 1982, p.225; Solis Villa, 1984, p.87):

- 1- Detectar a existência de idéias intuitivas, suas características, variedade, persistência e efeito sobre a aprendizagem;

- 2- Proporcionar um número suficiente de anomalias, experimentos, demonstrações, problemas, exemplos contra intuitivos e questões sobre situações limite, proporcionando ocasião do aluno compreender que suas idéias não servem para interpretar o que está ocorrendo;
- 3- Ajudar os estudantes a darem sentido ao conteúdo científico apresentado-o em múltiplas formas (verbal, matemática, gráfica, etc.) e ajudando o aluno a traduzir de um tipo de representação a outro;
- 4- Desenvolver técnicas de avaliação que ajudem os professores a seguir o processo de mudança conceitual nos estudantes.

Esse modelo procura, dessa forma, promover a "*desorganização estrutural*" das concepções espontâneas para abrir caminho à "*reorganização conceitual*" - "a troca conceitual das concepções pessoais dos alunos por conceitos científicos, que posteriormente, se reconciliam com as estruturas conceituais existentes." (Santos, M., 1991, p.183).

Os resultados experimentais sugerem que as estratégias de ensino em mudança conceitual produzem resultados em diversas disciplinas e em diferentes níveis de ensino (Moreira, 1994b). Entretanto, as pesquisas demonstram também que em várias situações a mudança conseguida é aparente, pois as concepções alternativas reaparecem em breve período de tempo (Casonato, 1994; Moreira, 1994b), provocando perturbação e desalento em muitos professores e pesquisadores.

Além das críticas dirigidas à eficácia das estratégias para promoção da mudança conceitual, outras críticas são dirigidas às bases filosóficas e psicológicas dessa perspectiva de pesquisa. Segundo Mortimer (1994b, p.57), a "mudança conceitual" se tornou um rótulo a cobrir um grande número de visões diferentes e até "inconsistentes".

Passaremos à análise de algumas das principais críticas.



### **3.3 - Críticas ao modelo de Mudança Conceitual**

O modelo de mudança conceitual tem gerado muita polêmica desde que foi proposto em 1982. Apesar de ter inaugurado um campo bastante vasto de pesquisas, várias críticas vêm apontando que o modelo é “incompleto” e “inválido” para o contexto do ensino.

As críticas não são recentes e Hewson e Thorley (1989), um dos proponentes do modelo, compilaram e endossaram algumas das principais críticas, dirigidas: à eficácia do modelo na promoção da mudança conceitual e aos problemas envolvendo meta-cognição relativos ao *status* conferido pelas pessoas às suas concepções.

Hewson e Thorley (1989) acentuam que os estudos têm reclamado significativo sucesso na promoção e desenvolvimento de mudanças conceituais, mas por outro lado, reconhece que as condições eleitas pelos pesquisadores para a mudança conceitual (inteligibilidade, plausibilidade e fertilidade das novas concepções) nas interações de sala de aula (ou outras situações de aprendizagem) é de difícil julgamento. Os autores reconhecem ainda que o uso de estratégias de conflito cognitivo são necessárias para criar insatisfação com concepções não científicas, mas não são suficientes para promover mudanças estruturais nos conhecimentos dos estudantes.

Os problemas diagnosticados, ainda nos anos 80, revelam que o modelo negligencia importantes aspectos não cognitivos como, relações de poder na escola, questões afetivas, além das crenças metacognitivas presentes na ecologia conceitual dos estudantes.

Nos anos 90, as críticas tornaram-se ainda mais veementes pois os trabalhos realizados evidenciam a persistência das concepções alternativas às estratégias de mudança conceitual, que como já mencionamos, têm provocado perturbação e desalento em muitos docentes e investigadores. A mudança conceitual é em muitos casos “ilusória”, pois em certas situações a mudança conseguida nas concepções dos estudantes é aparente, as concepções supostamente superadas reaparecem em breve período de tempo.

Calcado nessas evidências, Moreira (1994a, p.153) pergunta se "É possível a mudança conceitual no sentido de abandono de um significado não científico e substituição por outro que seja cientificamente aceito? (E responde) Possivelmente não !".

Kuiper (1994, p. 290) por outro lado, é ainda mais enfático ao concluir que: "não podemos propor que estudantes sejam capazes de simplesmente contestar suas próprias idéias, como propõem Posner et al. (1982): dando aos estudantes uma concepção científica, eles seriam capazes de ver que suas concepções são inadequadas e mudá-las."

As principais críticas entretanto, não se dirigem apenas à eficácia das estratégias propostas por Posner et al., mas acentam-se sobre os pressupostos psicológicos e filosóficos do modelo.

Grande parte dessas críticas já foram discutidas anteriormente, pois se aplicam ao construtivismo implementado na pesquisa em ensino de ciências e ao MCA, que por "um efeito cascata", se aplicam também ao modelo de mudança conceitual. Isto não é acidental, mas deve-se ao fato de não haver muita clareza, principalmente entre os pesquisadores, das fronteiras existentes entre a visão construtivista, as pesquisas realizadas pelo MCA e a perspectiva da mudança conceitual - campos contíguos, mas diferentes entre si.

Acrescente-se ainda às críticas anteriores, aquelas relacionadas à utilização de modelos filosóficos, construídos para explicar as transformações no conhecimento científico para uma situação de ensino-aprendizagem. Na análise de Mortimer (1994b), esse é um problema relacionado não somente à "transposição" realizada, mas principalmente ao modelo que é transposto. O autor ao criticar vários aspectos da teoria kuhniana, assinala que "exemplos na história da ciência demonstram a impropriedade do modelo de revolução científica para descrever qualquer mudança conceitual" ( Idem, p.63).

Sem pretendermos entrar no mérito da validade das teses kuhnianas, compreendemos que a correspondência entre a mudança de paradigmas na comunidade científica ao longo da história da ciência e a mudança na organização das concepções alternativas dos alunos não são tão evidentes como Posner et al. pretendem demonstrar. As concepções dos alunos, discutidas

no capítulo anterior, não possuem as características de um paradigma (no sentido atribuído por Kuhn) e podem, quando muito, corresponder a uma fase pré-paradigmática.

Por outro lado, segundo Santos, M. (1991, p. 185), quando um cientista “pretende demonstrar a significância de um novo paradigma a outros cientistas encontra menos dificuldade no âmbito da linguagem (conhece o sentido da linguagem usada no paradigma anterior) do que o professor que pretenda estimular a troca conceitual no aluno (este ignora freqüentemente o sentido que o aluno atribui a determinadas palavras)”.

Há no caminho entre uma concepção espontânea e um conceito científico uma fronteira constituída de aspectos lingüísticos, epistêmicos, sócio-culturais que carecem de suportes mais amplos para sua superação que os critérios puramente “racionais” e primordialmente formais, eleitos na análise epistemológica adotada.

Essas críticas são centrais se considerarmos os pilares da mudança conceitual, ou seja, a perspectiva de que concepções espontâneas podem ser substituídas (troçadas) por conceitos científicos através da educação escolar, e que a substituição de conceitos provocaria (como na teoria kuhniana) uma conseqüente mudança na visão de mundo do aluno.

Como já discutimos (Santos, F., 1995), os pilares do modelo de Posner et al. (1982) são as estratégias propostas para favorecer a mudança efetiva de concepções. Acreditamos que a visão de mudança, implícita na mudança conceitual, pressupõe que o conhecimento prévio deve ser banido, eliminado para que um novo conhecimento: verdadeiro possa ser instalado no aluno. Essa maneira de ver a educação é em muito parecida com aquela das escolas tradicionais, onde o processo de ensino aprendizagem se dá por transmissão-recepção do conhecimento e onde a prioridade é o produto do conhecimento e não o processo de construção deste.

A diferença, com a análise tradicional é que agora se reconhece que os alunos são capazes de construir explicações para os fenômenos, independentemente do processo de escolarização.

A análise dos pesquisadores em mudança conceitual é ainda marcada por um "reducionismo conceitual" (Gil-Pérez, 1994, p. 157), que se manifesta na “atenção quase exclusiva sobre as preconcepções com esquecimento de aspectos igualmente relevantes para a

aprendizagem de ciências", como a compreensão de que a "construção de conhecimentos científicos tem também exigência axiológicas" (interesse e atitudes dos alunos e do professor, clima da aula e da escola, etc.).

Duschl e Gitomer (1991, p. 848) criticam também uma certa visão hierárquica da "mudança conceitual segundo a qual as mudanças conceituais produziriam mudanças simultâneas de procedimentos e atitudes".

A nosso ver, a concepção de que o conhecimento é composto de conceitos e de que "conhecer é saber conceitos" é equivocada. Cremos que em um ensino nessa perspectiva, apenas representações mentais são privilegiadas, em detrimento da concepção de que na "interação sujeito/objeto para a construção do conhecimento as representações podem ter diversas naturezas - podem ser representações semióticas ou computacionais (imagens)" (Santos, F., 1995, p.4).

Compreendemos que a função da educação e do trabalho escolar é fornecer ao indivíduo instrumentos conceituais que proporcionem novas formas de ação sobre o mundo, na tentativa de superação da limitada realidade social, principalmente no nosso país no que se refere ao ensino de ciências, que não se resume apenas, ao ensino de conceitos. Os conceitos são os formadores do conhecimento científico mas sozinhos, desvinculados de contextos que lhes dêem sentido, tornam-se apenas conhecimento enciclopédico.

Parafraçando Umberto Eco (1990), diríamos que é difícil decidir se uma dada interpretação para o processo ensino aprendizagem é *boa*, mais fácil ao contrário é reconhecer as *más*. Assim as críticas à mudança conceitual nos parecem óbvias e oportunas, principalmente porque nosso objetivo neste texto não é dizer o que é a mudança conceitual, mas ao menos dizer como não deve ser interpretada por qualquer pesquisador que queira contribuir efetivamente para transformações no ensino de ciências.

Nesse sentido é indispensável uma discussão mais aprofundada dos aspectos epistemológicos e psicológicos da mudança conceitual, a clarificação dessas teses constitui-se argumentação crítica indispensável à elucidação dos aspectos ainda não muito claros na proposta de Posner et al. (1982).

### **3.4 - Aspectos Epistemológicos da Mudança Conceitual**

O modelo de mudança conceitual encontra-se fundamentado em epistemologias descontínuas da ciência, aquelas que acentuam a ruptura e não a continuidade. Os principais representantes dessa linha filosófica, que promoveram uma revolução nas análises epistemológicas no final dos anos 60, são os trabalhos de Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos e Paul Feyerabend.

É a partir dessa epistemologia construtivista (discutida no Capítulo 1) que Posner et al. (1982, p. 212) propõem o seu modelo geral de mudança conceitual, numa transposição desse modelo filosófico para o contexto da aprendizagem. Segundo os autores, "a maior fonte de hipóteses relativas à mudança de conceitos centrais e organizadores é a filosofia contemporânea das ciências, sendo que uma questão central dessa filosofia é como os conceitos mudam com o impacto de novas idéias ou de novas informações".

Contraditoriamente, Posner et al. utilizam paralelamente à análise revolucionária, as teses de Stephen Toulmin (um epistemólogo evolucionário) referentes à noção de "ecologia conceitual", ao compreenderem que todo processo de mudança conceitual se desenvolve dentro do cenário dos conceitos já existentes no indivíduo - sua ecologia conceitual.

#### **3.4.1 - Ecologia Conceitual: uma aproximação às teses de Stephen Toulmin**

Consideramos que a idéia de Ecologia Conceitual é o ponto central do modelo de mudança conceitual de Posner et al. (1982), já que os conceitos existentes na estrutura cognitiva dos estudantes determinam a trajetória da mudança de suas concepções centrais.

Compreendemos também, que a utilização dada por Posner et al. (1982) à esta idéia é incompleta e acidentada pois em quase nada se parece com a concepção de Ecologia Conceitual formulada por Toulmin (1977).

As expressões “populações conceituais” ou “ecologia conceitual” utilizadas por Toulmin (1977), são uma extensão da terminologia ecológica, gerada pela compreensão de que existem grandes semelhanças entre a explicação ecológica de mudanças orgânicas (derivada do pensamento de Charles Darwin) e as explicações para o desenvolvimento social e intelectual do conhecimento.

Toulmin (1977) propõe um modelo não mecanicista para o desenvolvimento conceitual, baseado em “nichos” conceituais especializados, regidos por “exigências intelectuais” que proporcionam ocasião para a mudança conceitual. Entretanto, sua análise se concentra nas transformações “ecológicas” entre os conceitos coletivos dos homens e as situações em que esses conceitos, regidos por “exigências ecológicas” foram colocados em prática. Na concepção de Toulmin os conceitos integram-se em agregados, sistemas ou populações conceituais que são empregados coletivamente pelas comunidades e cuja dimensão individual reflete-se nas habilidades e capacidades mediante as quais um indivíduo elabora sua captação pessoal dos conceitos.

A dualidade individual/coletivo dos conceitos é assim expressada:

“Cada um de nós pensa seus próprios pensamentos; porém os conceitos os compartilhamos com nossos semelhantes. Em efeito, do que cremos somos responsáveis como indivíduos, porém a linguagem em que se articulam nossas crenças são propriedade pública. Para compreender o que são os conceitos e que papel desempenham em nossa vida, devemos considerar a relação central entre nosso pensamento e crenças, que são pessoais ou individuais e a nossa herança lingüística e conceitual, que é coletiva” (Toulmin, 1977, p.49)

Assim, o objetivo de estudo de Toulmin são as populações conceituais em processo de mudança e os procedimentos característicos das atividades intelectuais coletivas.

Para Toulmin, uma mudança conceitual, assim como uma mudança orgânica é uma seqüência biológica de êxitos funcionais e as histórias resultantes do desenvolvimento orgânico, ainda que interdependentes, não são de modo algum equivalentes.

A concepção de desenvolvimento conceitual evolutiva de Toulmin se coloca em direção oposta das teses de Popper e Kuhn (epistemólogos contemporâneos a Toulmin e os referenciais

utilizados pela mudança conceitual), pois sua compreensão evolutiva para os conceitos é uma evolução orgânica em marcha, “populações conceituais” e “nichos” que guardam uma relação complexa e recíproca.

As mudanças conceituais somente podem ser percebidas na reconstrução da sucessão de episódios de uma história evolutiva, e as transformações progressivas de nossas idéias devem ser analisadas em termos não muito formais.

Toulmin (1979) ao analisar o problema da mudança conceitual na pesquisa científica conclui que as investigações históricas de Kuhn sobre as revoluções na ciência não conduzem à idéia de mudanças conceituais radicais. E conclui ainda que; "assim que reconhecemos que nenhuma mudança conceitual da ciência é absoluta, só nos resta uma seqüência de modificações conceituais maiores e menores, que diferem uma da outra em grau" (Toulmin, 1979, p.56).

O autor acredita que Kuhn exagera a profundidade das mudanças que realmente se produzem numa "revolução científica". Fala em "ilusão revolucionária"; nega "descontinuidades racionais" e afirma que as mudanças conceituais "normais" e "revolucionárias" só diferem em grau, propondo uma teoria de "unidades de variação" que convergem para um quadro da ciência "em que as teorias aceitas em cada fase servem de ponto de partida para grande número de variantes sugeridas, mas em que apenas reduzida fração dessas variantes de fato sobrevive e se estabelece no corpo de idéias transmitido à geração seguinte" ( Idem, p.57).

Toulmin (1979) propõe, uma análise evolutiva (no sentido de não revolucionária) na qual a ciência, e cada disciplina científica é vista como agregados de sistemas, com a sua evolução histórica e suas implicações próprias. Estes agregados, como vimos, são denominados "populações conceituais" (interdependentes) que formam em conjunto uma "ecologia conceitual", que rege as mudanças.

Em resumo, para Toulmin as mudanças de largo alcance e em grande escala na ciência como noutras esferas, não resultam de saltos repentinos, mas da acumulação de modificações menores, como um fenômeno mais genérico de "evolução conceitual".

Apesar de Toulmin considerar que mudanças radicais são possíveis, e que elas significam abandonar um conjunto de pressuposições absolutas e renunciar ao correspondente padrão de

pensamento em sua totalidade, a incoerência da utilização dessas teses para fundamentar um modelo de mudança conceitual baseado no estabelecimento de conflitos cognitivos é evidente.

As evidências tornam-se ainda mais claras quando temos oportunidade de analisar mais profundamente as teses epistemológicas que foram diretamente conectadas à idéia de mudança conceitual.

### **3.4.2 - O processo “revolucionário” da Mudança Conceitual**

No artigo de 1982, Posner et al. utilizam as idéias kuhniana e lakatosiana de "revolução científica" e de "mudança nos programas de investigação" para sustentar que "existem duas fases diferenciáveis na mudança conceitual em ciência" (Posner et al., 1982, p.212) que os autores denominam "assimilação" e "acomodação" - numa aproximação à terminologia piagetiana. Para eles, a primeira fase, o período de assimilação corresponderia à "ciência normal" kuhniana e à "essência teórica ou núcleo" lakatosiano, período no qual os "compromissos centrais são os que definem os problemas, indicam as estratégias a utilizar para tratá-los e especificam os critérios para dar-lhes uma solução (...) gerando ‘programas de investigação’ desenhados para aplicá-los e defendê-los da experiência" (Idem, ibidem).

Na segunda fase, período de "acomodação", onde ocorre a mudança conceitual radical, o "cientista deve adquirir novos conceitos e uma nova maneira de ver o mundo" (Idem, ibidem), corresponderia segundo os autores à "revolução científica" kuhniana e à "mudança nos programas de investigação" de Lakatos.

Outros aspectos abstraídos por Posner et al. do trabalho de Lakatos se referem às características de programas "progressivos" e "degenerativos". Dessa forma, os autores acreditam que os "conceitos científicos" por apresentarem maior plausibilidade, inteligibilidade e serem mais



frutíferos são capazes de explicar ou resolver um maior número de problemas constituindo-se "programas progressivos", enquanto a insatisfação com as concepções espontâneas existentes fariam com que elas se tornassem um "programa degenerativo". Assim, a mudança conceitual seria o caminho mais óbvio para um processo semelhante ao que ocorre com a ciência na substituição de teorias científicas.

Do trabalho de Toulmin, Posner et al. utilizam o conceito de "ecologia conceitual", ao se referirem aos conceitos que governam as mudanças. Entretanto, o termo não é utilizado no mesmo sentido que Toulmin, visto que os conceitos são tratados de forma isolada (como mostram as entrevistas no artigo de 1982). Para Toulmin, as "populações conceituais" são interdependentes - os conceitos têm vínculos formais uns com os outros, formando em conjunto a "ecologia conceitual".

Por outro lado, há uma contradição na utilização das teses de Toulmin, pois as mudanças conceituais defendidas pelo epistemólogo não são radicais, e não se aplicam adequadamente às propostas da mudança conceitual, esta discussão ficou clara através da argumentação da seção anterior. Entretanto, as aproximações às teses de Kuhn e Lakatos podem parecer estranhas para os leitores que não estão familiarizados com os debates epistemológicos. Neste sentido, procuraremos trabalhar brevemente as teses dos dois epistemólogos.

#### ***3.4.2.1- Kuhn : ciência normal e ciência revolucionária***

Para Thomas Kuhn (1992) o desenvolvimento da ciência se faz por períodos de "Ciência Normal" e de "Ciência Revolucionária". Nos períodos de Ciência Normal os cientistas usam uma tradição intelectual para resolver os problemas que ela própria suscita. Essa tradição intelectual foi chamada por Kuhn inicialmente de "paradigma" (teoria dominante) e posteriormente por "Matriz Disciplinar"<sup>10</sup>. Nesse período, confia-se no paradigma; mas ele não se ajusta com

---

<sup>10</sup> Kuhn (1992, p. 225-232) concebe a idéia de matriz disciplinar com maior precisão que a idéia de paradigma: " 'disciplinar' porque se refere a uma posse comum aos praticantes de uma disciplina particular; 'matriz' porque é composta de elementos de várias espécies, cada um deles exigindo uma determinação mais pormenorizada". Segundo o autor, a matriz disciplinar é composta de quatro

perfeição aos achados experimentais, no entanto não se critica o paradigma nem se busca alternativas para ele - ocorrem apenas ajustamentos adequados para solucionar anomalias. Entretanto, revoluções são deflagradas por crises que ocorrem quando os cientistas não são capazes de resolver problemas com os quais o paradigma se defronta. Nesse momento, segundo Kuhn, teremos um tempo de Ciência Revolucionária, quando a própria teoria predominante está sendo atacada. "O acúmulo de anomalias é então considerado um "escândalo" e os cientistas começam a testar o paradigma e procurar alternativas baseadas em diferentes pressupostos metafísicos. Finalmente, uma alternativa ganha o apoio da maioria dos cientistas nesse campo e é aceita como um novo paradigma" ( Kneller, 1980, p. 65).

A instalação de um novo paradigma faz com que os conhecimentos anteriores sejam repensados ou descartados e os cientistas adotem uma nova visão de mundo.

Assim, as mudanças de paradigma fazem com que os cientistas vejam de modo diferente seu compromisso de pesquisa, embora, o mundo não mude com a mudança de paradigma, "após uma revolução, os cientistas trabalham em um mundo diferente" (Kuhn, 1992, p.171).

#### **3.4.2.2- Lakatos : programas de pesquisa**

Lakatos não é tão enfático como Kuhn na defesa de grandes revoluções no desenvolvimento do conhecimento científico, considerando que as seqüências de teorias costumam estar ligadas por continuidades - o crescimento da ciência caracteriza-se por uma certa continuidade (Lakatos, 1979, p. 162).

Ao analisar as metodologias dos programas de pesquisa científica Lakatos (1979), propõe que uma “sucessão de teorias” (teorias em desenvolvimento), estão soldados em “programas de pesquisa”.

---

elementos: generalizações simbólicas (são esboços de leis que produzem diferentes leis específicas quando aplicadas a diferentes situações); pressupostos metafísicos (presupostos que não podem ser empiricamente testados); valores (são as qualidades apreciadas numa teoria, como consistência interna, poder de precisão e fecundidade na resolução de problemas) e exemplares (são modelos de solução de problemas que servem como guia para se resolverem problemas reais).

Os programas de pesquisa consistem de *regras metodológicas* que orientam o caminho da pesquisa (heurísticas: positiva e negativa); um “*núcleo duro*” que é por definição irrefutável e um *cinturão protetor* de hipóteses *ad hoc* que protegem o núcleo e permitem a interpretação ou abandono das exceções com relativa facilidade.

O núcleo constitui-se de uma hipótese teórica muito geral, a partir da qual o programa deve se desenvolver. Este último é protegido pelo cinturão protetor de forma que "as anomalias só devem conduzir à mudanças no cinto "protetor" de hipóteses auxiliares, "observacional" e das condições iniciais" (Lakatos, 1979, p.164).

A heurística indica como as implicações do núcleo podem ser deduzidas e aplicadas a situações reais e pode ser positiva e negativa. A heurística negativa nos proíbe de atacar o núcleo levando-nos a articular ou mesmo inventar hipótese auxiliares que constituirão o cinturão. Esse cinto de proteção tem de suportar o impacto dos testes e ir se ajustando e reajustando, ou mesmo ser completamente substituído, para defender o núcleo assim fortalecido. O programa de pesquisa será bem sucedido se tudo isso conduzir a uma transferência progressiva dos problemas, porém mal sucedido se conduzir a uma transferência degenerativa de problemas" (Idem, p.163).

A heurística positiva impede que o cientista se confunda no oceano das anomalias, apresentando um programa que inclui "uma cadeia de modelos, cada vez mais complicados que simulam a realidade" (Idem, p. 165), ignorando os contra-exemplos reais, os dados disponíveis e as anomalias, exceto aquelas que a própria heurística prevê. Nas palavras de Lakatos: "O cientista enumera anomalias mas, enquanto o seu programa de pesquisa mantiver seu ímpeto as ignora. É primordialmente a heurística positiva de seu programa, não as anomalias, que dita a escolha de seus problemas. Somente quando a força impulsora da heurística positiva enfraquece é que pode ser dada mais atenção às anomalias. (Lakatos, "*Popper on Demarcation and Induction*", p. 248 apud Kneller, 1980, p.73).

A partir dessa dinâmica interna dos programas, exemplificadas através das leis de Newton, dos programas de Proust e Bohr, Lakatos (1979) considera que um programa de pesquisa pode ser analisado como progressivo ou degenerativo. O programa progride quando cada mudança no cinturão protetor leva a uma predição nova e bem sucedida; por outro lado,

degenera quando deixa de fazer confirmações e predições, explicando novos fatos com hipóteses *ad hoc*, que não estavam previstas na heurística. Um programa pode também ser julgado pelo seu desempenho em comparação com os rivais, assim um programa suplantará o outro se predisser com êxito tudo o que o seu rival predisse corretamente e mais ainda.

### 3.4.3- Algumas impressões

Através da análise realizada para os aspectos epistemológicos da mudança conceitual, nos parece haver problemas cruciais.

Inicialmente, consideramos que Posner et al. se equivocaram ao utilizar a idéia de “ecologia conceitual” em um contexto (e análise) que desconsidera os aspectos evolucionistas, sócio-culturais, interacionista e não “racionalizáveis”, fundamentais na abordagem de Toulmin.

Em segundo lugar, acreditamos que as conjugações teóricas realizadas por POSNER et al foram desastrosas por não aprofundarem as contradições existentes entre as teorias de Kuhn e Lakatos.

Compreendemos também, que os autores exageraram na compreensão de que um modelo epistemológico conseguiria dar suporte aos aspectos psicológicos das “trocas conceituais” e dos aspectos filosóficos, axiológicos e ontológicos da prática educacional.

Certamente essa tentativa de transposição de um modelo epistemológico para a educação não foi tão feliz, mas isso não quer dizer que uma discussão dos paradigmas epistemológicos não seja frutífera na fundamentação da abordagem e do conhecimento de nossa realidade educacional.

As transposições realizadas (e das quais é vítima constante o campo educacional) só atestam a necessidade de se construir uma identidade epistemológica para a educação, capaz de fornecer subsídios à compreensão do processo de construção do conhecimento: sua produção, sistematização, transmissão e apropriação; “um desafio que tem tornado frágeis as delimitações feitas até aqui pelos teóricos” (Severino, 1993, p.19).

Assim, Posner et al. tentam com aspectos recortados - “retalhos”, diríamos nós - de diferentes teorias epistemológicas (que não convivem pacificamente entre si) estabelecer um corpo teórico coerente, que desse conta de problemas muito além do alcance de qualquer teoria até então estabelecida. A coragem dos autores é surpreendente, mas não trata-se de uma coragem ingênua como a de Dioniso a beira de um abismo, mas sim acreditamos nós, movidos por um anseio apaixonado por transformações no ensino de ciências.

Os autores e toda a comunidade de pesquisadores foram movidos pelo clima entusiástico vivido nos anos de emergência das teorias construtivistas, que ao produzirem explicações frutíferas para o processo de desenvolvimento do conhecimento científico fomentaram novas análises em quase todas as áreas do conhecimento.

### ***3.5 - Aspectos Psicológicos da Mudança Conceitual***

Discutimos no Capítulo 1 que as estratégias propostas para o tratamento das concepções têm um caráter altamente psychologizante. Essa é uma característica também presente na mudança conceitual, caracterizada através das estratégias baseadas no estabelecimento de conflitos cognitivos, objetivando que as concepções prévias sejam abandonadas como o resultado da superação de uma contradição.

Como vimos, a idéia de conflito cognitivo é uma herança do trabalho de Piaget, que se baseava na visão de que o desenvolvimento do conhecimento obedece a níveis de realização onde os desempenhos menos complexos antecedem os mais complexos e a superação daqueles desempenhos se dá, muitas vezes, a partir de uma insatisfação ou conflito.

Entretanto, a identificação de uma "paternidade psicológica" para o modelo de mudança conceitual de Posner et al. nos parece uma grande dificuldade, pois os autores não estabelecem

vínculos explícitos com nenhuma orientação psicológica, apesar de utilizarem aspectos dos trabalhos de David Ausubel e Jean Piaget.

Nossa análise dos aspectos psicológicos da mudança conceitual se concentrará nas contribuições que os dois psicólogos possam ter dado à idealização do modelo.

### 3.5.1- Aproximações a David Ausubel e Jean Piaget

Alguns autores, como Santos, M. (1991, p.56) consideram que Jean Piaget e David Ausubel contribuíram de maneiras diferentes para a perspectiva da mudança conceitual:

- **Piaget** contribui com estudos sobre as representações das crianças - idéias, crenças, explicações causais e expectativas - envolvendo fenômenos naturais.
- **Ausubel** pelo valor que atribui na aprendizagem à "estrutura cognitiva" enquanto conteúdo e organização das idéias para as áreas particulares do conhecimento.

Acreditamos no entanto, que algumas dessas assimilações aos trabalhos dos psicólogos acabaram por provocar distorções nas teses originais. Pois, em nossa opinião, seria muito difícil uma conjugação coerente e articulada de teses substancialmente diferentes.

As diferenças estão presentes em aspectos fundamentais das duas teorias: enquanto Piaget postula como determinante do processo de integração de novas informações e de novos conceitos o papel das estruturas lógicas de pensamento ou operações - instrumento aplicável a qualquer conteúdo. Ausubel postula como determinante o papel das estruturas cognitivas enquanto instrumentos específicos para dados campos do conhecimento.

O estabelecimento dessa controvérsia nos leva, necessariamente, a uma discussão mais aprofundada das contribuições dos dois psicólogos.

As contribuições de David Ausubel ao modelo de mudança conceitual estão centradas, em nossa opinião em dois aspectos: em primeiro lugar, Posner et al. parecem compreender a estrutura cognitiva de um sujeito como Ausubel, ou seja, como "o conteúdo total e a organização das idéias de um indivíduo" e num sentido mais restrito como "o conteúdo e organização das

idéias (em uma) área particular do conhecimento" (Ausubel, 1968, p. 37-39 apud Moreira e Masini, 1978, p.2) em contraposição à visão cognitiva estrutural piagetiana.

Essa visão de estrutura cognitiva leva-os a argumentarem pela necessidade de trabalhos empíricos centrados nas concepções dos alunos em áreas particulares do saber, numa corroboração à argumentação utilizada por Driver e Easley (1978).

Posner et al.(1982, p. 212) estão pois preocupados com as idéias, com a estrutura e a evidência do processo conceitual. Segundo eles, "a questão básica é como mudam as idéias dos estudantes ao sofrer o impacto de novas idéias e de novas evidências".

Em segundo lugar, os autores adotam uma concepção de aprendizagem ausubeliana, ou seja, como sendo "o resultado da interação entre o que se ensina ao aluno e suas próprias idéias e conceitos." (Idem, p.211).

Entretanto, a perspectiva da mudança conceitual rompe com os princípios ausubelianos quanto ao tratamento didático dado às concepções alternativas. Enquanto a mudança conceitual, como já discutimos, propõe estratégias para provocar mudanças (trocas) nas concepções alternativas dos alunos, Ausubel centra sua atenção na explicação do funcionamento das estruturas representativas que o aprendiz já possui enquanto estruturas de acolhimento de novas idéias veiculadas pela instrução formal.

Para Ausubel as organizações conceituais já existentes funcionam como estruturas de acolhimento de novas idéias, que ele expressa com a máxima : "o fator singular que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isto e ensine-o de acordo" (Ausubel, 1968, p.vi apud Santos, M. 1991, p.74).

O trabalho de Ausubel não centra-se na refutação das representações infantis, mas no acolhimento de concepções espontâneas relevantes, sobre as quais vão se *ancorar* as novas idéias. É esse processo de *ancoragem* que permite a integração do objeto representado ao sistema de representações existentes e às transformações decorrentes. O autor desenvolveu ainda, uma teoria de aprendizagem cognitiva - *teoria da assimilação* - na qual postula que a aprendizagem de estruturas conceituais se dá por integração de uma informação num conceito preexistente modificando-o (Santos, M., 1991).

Assim, o tratamento dado às concepções alternativas por Ausubel é diferente daquele da Mudança Conceitual, pois enquanto Ausubel se preocupa com as concepções passíveis de ancoragem, Posner et al. debruçam-se sobre as representações "inibidoras de aprendizagem", que Ausubel, segundo Santos, M. (1991), numa conotação negativa denomina "preconcepções".

Quanto às contribuições de Piaget, vários aspectos observados nas pesquisas de mudança conceitual contêm idéias gerais piagetianas, embora os pesquisadores não estabeleçam vínculos explícitos com o trabalho do biólogo suíço e numa nota-de-rodapé tentam isentar-se de qualquer compromisso com aquelas teorias.

Dessa forma, várias teses piagetianas poderiam ser discutidas enquanto fundamentação utilizada pela mudança conceitual, entretanto procuraremos discutir aquelas que nos parecem fundamentais, e que não foram tratados em discussões anteriores: as teorias de *Acomodação e Assimilação*.

Para Posner et al. (1982), o processo de mudança conceitual na aprendizagem pode ocorrer de duas formas correlatas, já mencionadas anteriormente e denominadas Assimilação e Acomodação. Segundo os autores, uma fase de Assimilação no processo de mudança conceitual seria aquela na qual os estudantes utilizam os conceitos já existentes para trabalhar com novos fenômenos; enquanto, a Acomodação - forma mais radical de mudança conceitual e o interesse fulcral daqueles pesquisadores - ocorre quando as concepções já existentes são inadequadas para permitir a compreensão satisfatória dos fenômenos e assim, o estudante deve mudar ou reorganizar os seus conceitos centrais.

Obviamente, o uso dos termos e o conteúdo dado a eles é em nada isento das idéias piagetianas. Entretanto, o significado dado à assimilação e à acomodação são equivocados em relação à perspectiva piagetiana.

Como discutimos no Capítulo 1 (páginas 21-22), acomodação e assimilação na concepção piagetiana não correspondem a fases distintas ou cronológicas da elaboração do conhecimento ou da conduta cognitiva, mas compreendem processos de variação no comportamento onde a assimilação e a acomodação resultam num equilíbrio estável sem prevalência de alguma das formas.



Outros aspectos absorvidos do trabalho piagetiano e que já foram suficientemente abordados nas análises anteriores são: os tratamentos metodológicos e as estratégias de conflito cognitivo.

### **3.5.2- A orientação psicológica**

A abordagem psicológica do construtivismo em ensino de ciências, como vimos no capítulo 1, abrange um amplo leque de referenciais: Bruner, Wallon, Vygotsky, Piaget, Kelly, Ausubel ..., curiosamente, o mesmo não acontece com o modelo de Posner et al. Os autores parecem se isentar de vínculos psicológicos, de forma que ao conferirmos uma orientação vinculado a Piaget e Ausubel, o fazemos a partir de uma tradução realizada por nós, juntamente com outros interlocutores do modelo proposto em 1982.

Essa vinculação, se realmente procedente, não é entretanto adequada, pois comunga aspectos irreconciliáveis das duas teses psicológicas.

Por outro lado, se na formulação do modelo realmente não existiriam vinculações com Piaget ou Ausubel, as inconsistências tornam-se ainda maiores, ficando explícito que na concepção dos autores, as teses epistemológicas adotadas supririam a ausência de uma base psicológica.

Este problema nos remete às discussões já realizadas na seção 3.4, e esclarecem as críticas às bases filosóficas e psicológicas do modelo.

### **3.6 - A Reformulação da Teoria da Mudança Conceitual**

Parte das críticas elaboradas nas seções anteriores foram reconhecidas pelos proponentes do modelo e em um artigo recente, Strike e Posner (1993) examinam várias das críticas elaboradas ao modelo, discutem alguns aspectos da teoria mais claramente e revisam várias propostas do modelo original de Posner et al. (1982).

Nesse novo artigo os pesquisadores argumentam que sua proposta original foi mal interpretada, pois “não tratava-se de uma teoria psicológica mas de uma teoria epistemológica” (Strike e Posner, 1993, p.151). Procuraram ainda se isentar de compromissos pedagógicos, contrariando as afirmações de 1982 ao declarem que “nós não considerávamos que nossa descrição detalhada da aprendizagem pudesse ser imediatamente aplicada na sala da aula” (Idem , p 150).

Entretanto os autores não só reconhecem as críticas elaboradas ao modelo como discutem algumas implicações das teses originais que agora lhes parecem questionáveis (Strike e Posner, 1993, p.156-163):

- Na formulação original freqüentemente falavam como se as concepções alternativas ou preconceções fossem claramente articuladas e expressadas, assim como simbolicamente formuladas. Tal suposição já não lhes parece mais tão óbvia, pois consideram que é possível que as concepções alternativas, especialmente em crianças e jovens estudantes, existam como representações icônicas, é possível ainda que as pessoas não tenham crenças de como funciona alguma coisa, porém tenham imagens ou um corpo de linguagem (*body language*) - na forma original de uma intuição inicial e incorreta - sobre como funciona essa coisa.
- A teoria inicial, de uma maneira geral, considera as preconceções ou concepções alternativas como afetadas pela ecologia conceitual do aprendiz, porém não dá muita atenção às maneiras como elas interagem com essa ecologia. Todavia, concepções alternativas são também parte de uma ecologia conceitual e todas as partes dessa dita ecologia devem ser vistas como dinâmicas e em constante interação e desenvolvimento. Os conceitos não são artefatos cognitivos isolados, eles existem em relações semânticas e sintáticas com outros conceitos, eles são interdependentes à compreensão e não facilmente avaliáveis em isolamento.
- Uma terceira dificuldade com a teoria original era de supor a mudança conceitual como basicamente racional. Essa suposição subestima muitos fatores que podem fazer parte de uma ecologia conceitual. Por exemplo, o interesse do aluno em obter uma boa nota, ou o efeito da auto estima na aprendizagem.

Estas críticas que, como vimos, estão presentes nos trabalhos de vários outros autores, levam Strike e Posner (1993, p.162-163) a sugerirem algumas modificações na tese original de mudança conceitual:

- 1- Um alargamento no alcance dos fatores necessários a serem levados em conta na tentativa de descrever uma ecologia conceitual dos alunos. Motivações e objetivos de origens institucional e social que devem ser levados em consideração. A idéia de que uma ecologia conceitual necessita, desse modo, ser ampliado por fatores epistemológicos.
- 2- As concepções científicas atuais e as concepções dos estudantes fazem parte da ecologia conceitual do aluno. Assim eles podem ser vistos na interação com outros componentes.
- 3- Concepções e “*misconceptions*” podem existir em distintos modos de representação e em diferentes graus de articulação. Podem inclusive não existir porém, facilmente parecer que existem, porque são geradas na instrução ou na investigação por outros elementos de uma ecologia conceitual.
- 4- Uma visão desenvolvimentista da ecologia conceitual é necessária.
- 5- Uma visão interacionista da ecologia conceitual é necessária.

Resumidamente, diríamos que os autores propõem uma reformulação na utilização da idéia de ecologia conceitual, ou seja, com uma visão mais ampla, "desenvolvimentista", "interacionista", e levando em conta os aspectos epistêmicos, pessoais, sociais e institucionais que devem ser considerados.

Entretanto, os autores não esclarecem no artigo de 1993 os problemas envolvendo os aspectos psicológicos e epistemológicos do modelo de 1982. Ou seja:

- a utilização e conjugação de modelos epistemológicos e psicológicos contraditórios,
- a aparente desvinculação com compromissos psicológicos para explicar o processo de construção (ou captação) individual do conhecimento.
- a crença de que as análises epistemológicas explicariam todos os aspectos do conhecimento humano, inclusive os determinantes e intervenientes no processo de escolarização.

Apesar de todas essas considerações e críticas, o modelo foi (e ainda é) amplamente utilizado nas pesquisas em educação e, a nosso ver, a partir dessas críticas e tendo em vista a

superação das deficiências desse modelo, outros referenciais puderam ser construídos. Muitos deles podem ser criticados, assim como a mudança conceitual, pelo fato de compreenderem o conhecimento como puramente conceitual e de tentar trabalhá-lo nessa perspectiva. Entretanto, avanços podem ser observados nas pesquisas sobre evolução conceitual, ou mesmo nas perspectivas da mudança conceitual que utilizam referenciais epistemológicos bachelardianos, como veremos nas próximas discussões.

## CAPÍTULO 4

### PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS: OUTRAS PERSPECTIVAS

*Compare um conceito com um estilo de pintura. É mesmo nosso estilo de pintar apenas arbitrário? Podemos escolher um deles ao nosso bel-prazer?(Aquele dos egípcios, por exemplo.) Ou é isso meramente uma questão de bonito e feio?*

LUDWING WITTGENSTEIN

#### **4.1 - Demarcações iniciais**

Freqüentemente, “nas estratégias de pesquisa a redução tem o mérito de nos levar a propor novas e mais abrangentes teorias para unificar o conhecimento existente e abrir novos campos à investigação” (Kneller, 1980, p.146). Certamente esta afirmação se aplica muito bem aos desdobramentos de pesquisa promovidos pela mudança conceitual de Posner et al..

Como analisamos, o modelo de Posner et al. (1982) apresenta várias inconsistências e é marcado por um reducionismo a aspectos epistemológicos. Todavia, cabe a ele o mérito de ter promovido o surgimento de outras perspectivas de pesquisa para o ensino de ciências que se estabeleceram como um desdobramento crítico (ou acrítico) à abordagem de mudança conceitual.

Muitas são as perspectivas em pesquisa educacional no campo didático-pedagógico das ciências que se estabeleceram nas últimas décadas e que poderiam ser consideradas concorrentes ou recorrentes<sup>11</sup> ao modelo de mudança conceitual proposto por Posner et al. (1982). Apesar de

---

<sup>11</sup>A denominação *concorrentes* e *recorrentes* à Mudança Conceitual tem o objetivo de classificar (não muito rigidamente) os modelos propostos para o tratamento das concepções alternativas. Considero

não termos o objetivo de fazer uma revisão exaustiva dessas propostas metodológica, procuraremos neste capítulo discutir aquelas que, se nos apresentaram como as mais significativas.

Consideramos que a construção de alguns dos modelos concorrentes à mudança conceitual se efetivou a partir das críticas levantadas nos capítulos anteriores e tendo em vista a superação das deficiências daquele modelo. Muitas das novas estratégias podem ser criticadas, assim como o modelo de Posner et al., pelo fato de compreenderem o conhecimento como puramente conceitual e de tentar trabalhá-lo nesta perspectiva. Entretanto, vale a pena discutirmos outras abordagens para a de aprendizagem como: o **modelo alostérico de aprendizagem** proposto por Giordan (1989), a idéia de **complexificação conceitual** de Désautels e Larochelle (1992), e ainda a noção de **Perfil Conceitual** formulada por Mortimer (1994a).

As metodologias recorrentes à mudança conceitual propõe basicamente os mesmos pressupostos e estratégias defendidas por Posner et al. (1982). Entretanto, nas estratégias educacionais elaboradas por Santos, M. (1991), à luz da epistemologia bachelardiana, percebem-se avanços significativos. É por esse modelo que iniciaremos as nossas discussões.

Há ainda a necessidade de fazermos algumas considerações sobre a metodologia a ser adotada na elaboração deste capítulo, pois não pretendemos empreender discussões profundas dos modelos, mas apresentá-los, analisá-los e criticá-los na medida em que promoveram (ou não) avanços em relação ao modelo de mudança conceitual de Posner et al. (1982), analisado no capítulo anterior e o foco central das discussões deste texto.

Ao utilizarmos esta metodologia, reconhecemos o processo de redução que inevitavelmente promoveremos nas propostas originais; entretanto, procuraremos evitar simplificações deformadoras que prejudiquem inclusive os objetivos de nossa análise.

---

*concorrentes* à visão da mudança conceitual aquelas propostas que criticam alguns ou vários aspectos do modelo de Posner et al., procurando estabelecer outras visões educacionais. A denominação *recorrente* refere-se aos modelos que de alguma forma se utilizam da proposta de Posner et al. como um referencial e compartilham da visão educacional proposta pelos autores.

#### **4.2. - “Mudança Conceptual na Sala de Aula - um desafio pedagógico” de Maria Eduarda Vaz Moniz dos Santos**

Santos, M. (1991), a partir do trabalho epistemológico de Gaston Bachelard procura "estabelecer uma fundamentação mais rigorosa para o ensino por troca (mudança) conceitual", por compreender que as pesquisas empreendidas são muito restritas e centradas em estratégias de curto prazo. A autora, propõe estratégias pedagógicas focalizadas sobre rupturas, mas imbuídas de "um progresso por encaixamento e progressivo alargamento conceitual que faz emergir um descontinuísmo que, em certa medida, oculta um continuísmo a nível mais profundo" (Santos, M., 1991, p. 204).

Segundo Santos, M., o projeto epistemológico bachelardiano culmina com uma filosofia própria - **a filosofia do não** - que "é uma filosofia móvel e aberta, capaz de dar resposta às modificações profundas do espírito científico", é "fundamentalmente uma forma de pensamento dialético" que mantém em discussão os resultados da ciências efêmeros, inacabados e em progresso. É desta filosofia do não, que segundo a autora, decorre a "pedagogia do não" - uma pedagogia descontinuísta, onde alunos e professores só podem progredir no conhecimento científico dizendo *não* a conhecimentos anteriores.

A “educação catártica” de Bachelard (1949) ilumina as discussões da autora na defesa de uma “pedagogia psicanalítica”, marcada por estratégias cognitivas e metacognitivas, capazes de levar o aluno a repensar o que de uma forma imediata e sensorial já havia pensado antes, formando no aluno a capacidade de auto-regulação da aprendizagem.

Num paralelo com as propostas da mudança conceitual, a autora propõe tempos de psicanálise e de psicossíntese do conhecimento, que nos termos de Posner et al. (1982) corresponde à fase de “desorganização estrutural” das concepções alternativas através das

estratégias de conflito cognitivo e à fase de substituição de concepções por conceitos científicos, respectivamente.

Outro conceito bachelardiano utilizado por Santos, M. que assume grande importância nas estratégias pedagógicas propostas pela autora é o de obstáculo epistemológico<sup>12</sup>. Segundo ela, as concepções dos estudantes obstaculizam o progresso do conhecimento, entretanto quando "chamadas à consciência (psicanalizadas) poderão ser desestruturadas e assim as velhas concepções poderão ser efetivamente esquecidas."(Idem, p. 209).

A partir desses referenciais, a autora propõe um modelo cujas estratégias estão divididas em duas partes: uma de preparação (estratégias de desestruturação) e outra de execução (estratégias de reestruturação), enquadradas numa estrutura geral dividida em tempos mais lógicos que cronológicos. A estrutura (ver figura nº 01) está organizada segundo uma ordem de racionalização progressiva, ou seja, vai de uma fase de conhecimentos mais empíricos e imediatos a uma fase de conhecimentos mais abstratos e discursivos.

FIG Nº 01 - ESTRUTURA GERAL DO MODELO DE APRENDIZAGEM POR MUDANÇA CONCEITUAL (SANTOS, M., 1991, P.207).

#### 4.2.1 - Tempos de Psicanálise e de Psicossíntese

---

<sup>12</sup> Para Bachelard, em "**A Formação do Espírito Científico**", "é no ato mesmo de conhecer, intimamente, onde aparecem por uma espécie de necessidade funcional, os entorpecimentos e as confusões." (Bachelard, 1993, p.15), causadoras de estancamentos e até retrocessos e de uma inércia que o autor chama de obstáculo epistemológico. Na referida obra, ele identifica e caracteriza os diversos tipos de obstáculos, assinalando entretanto que: " A experiência básica ou [...], a observação básica é sempre o primeiro obstáculo para a cultura científica. Com efeito, esta observação básica se apresenta com um grande número de imagens; é pitoresca, concreta, natural e fácil. Não há mais que descrevê-la e maravilhar-se. Se crê então compreendê-la."(Idem, p. 22).



Segundo Santos, M., a fase de desestruturação requer a psicanálise do conhecimento que na educação deve "começar por uma catarse intelectual e afetiva" (Bachelard, 1993, p.21). O objetivo é, portanto, a derrubada dos obstáculos epistemológicos acumulados na vida cotidiana; ou seja, derrubar as concepções alternativas que são um obstáculo à aquisição do conhecimento científico.

Na segunda fase, após a "desrealização", ou seja, afastamento da realidade objetiva imediata, deve-se instaurar um tempo de reorganização consciente do saber. Segundo a autora, "tal reorganização assenta-se na convicção de que só se pode reorganizar no contato com as idéias psicanalizadas. A psicanálise do conhecimento científico deve, pois, juntar-se a psicossíntese" (Santos, M., 1991, p. 222).

Ao professor, nos períodos de desestruturação / reestruturação, cabe o papel de mediador dessa psicanálise / psicossíntese do conhecimento, o que exige dele um psicanalizar a si próprio e de sua própria relação com a ciência que ensina, vencendo a imobilidade intelectual própria e dando de si e da ciência uma imagem de dinamismo.

A autora estabelece estratégias cognitivas e metacognitivas de desestruturação e reestruturação, divididas em "*centros estratégicos*" organizados na Figura nº 01.

Na fase de desestruturação as estratégias são de "descondicionamento que se destinam a preparar o terreno para uma posterior aprendizagem" (Idem, p. 214). Assim, requer que o conteúdo do pensamento do aluno seja respeitado e analisado, durante discussões e em um ambiente onde os diferentes pontos de vista sejam levados a sério. As estratégias devem explorar o significado do que os alunos dizem procurando desmontar a estrutura de seu saber inicial. As estratégias dessa fase são "*conscientização*", "*desequilíbrio*" e "*familiarização*".

Segundo a autora, as estratégias de conscientização devem levar o aluno a consciencializar e a explicitar suas certezas; explorando suas idéias, chamando-as à consciência, clarificando-as, formulando-as, explicitando-as e discutindo-as. Trata-se de uma fase de exploração que deverá ser seguida por uma fase de desequilíbrio onde as estratégias devem proporcionar a avaliação, afastamento ou limitação de concepções alternativas. O objetivo dessa segunda fase é levar os alunos a desconfiarem do que conhecem e a pensar sobre o que ainda

não sabem, "a refletir, avaliar e explicitar a produtividade do seu pensamento face ao dos outros" (Idem, p. 219). Somente na fase de familiarização o aluno entrará em contato com o conhecimento científico que se pretende transmitir; as novas idéias deverão ser introduzidas com ajuda de materiais instrucionais e com interação verbal.

Na fase de reestruturação as estratégias propostas procuram a construção dialética de novas idéias e de novas estruturas de pensamento, o que exige um ritmo apropriado, devendo ser "longa, paciente e cuidadosamente preparada por um tempo prévio" - o tempo anterior psicanálise." (Idem, p. 224). A autora propõe uma etapa de Abstração onde as estratégias levem o aluno a organizar, objetivar as informações recebidas: "As novas aquisições com que se familiarizou na fase anterior devem, agora tornar-se transferíveis para novos conceitos" (Idem, p. 225). Estas estratégias devem, ainda, incitar à "verificação, comparação, validação, estruturação e sistematização."

A etapa seguinte de Dialetização destina-se a validar as idéias introduzidas por comparação com as concepções alternativas prévias - "é uma fase de diálogo entre o obstáculo e sua negação"; que deverá culminar com uma Síntese transformante, etapa cujo propósito é proporcionar uma compreensão coerente das concepções superadas, onde "As descontinuidades de princípios que separam o conhecimento do senso comum do conhecimento científico não dão lugar a uma proposta de pura e simples substituição de uma teoria por outra. Na retificação bachelardiana não há apenas superação, há também envolvimento com inclusão."(Idem, p. 229)

A autora conclui que as estratégias descritas para os tempos críticos da psicanálise e da psicossíntese inspiram a:

- uma mudança qualitativa no conteúdo conceitual do pensamento dos alunos;
- um desenvolvimento das suas competência de pensar, mediante exercícios intelectuais deliberada e sistematicamente programados para permitirem: colocar perguntas, elaborar hipóteses, discutir idéias, cometer erros, encontrar soluções para os próprios problemas;
- uma tomada de consciência desta sua atividade cognitiva de modo a poderem geri-la, regulá-la e transpô-la estrategicamente para a aprendizagem geral. (Idem, p. 230)

#### **4.2.2 - Avanços proporcionados por Santos, M. (1991): algumas considerações**

Na tentativa de estabelecer um enquadramento teórico mais rigoroso para o MCA, o tratamento dado por Santos, M.(1991) às teses bachalardianas foi bastante feliz. A autora supera, através da utilização do trabalho de Bachelard, a “confusão” epistemológica promovida por Posner et al. (1982). Além disso, as preocupações educacionais de Bachelard são pedagogicamente claras, comprometidas com a educação transformadora e adequadas para o contexto da aprendizagem.

Compreendemos, entretanto, que Santos, M.(1991) apesar de nos fornecer uma visão mais processual para a perspectiva da mudança conceitual, valorizando o clima afetivo e motivacional em sua análise psicanalítica para o processo da aprendizagem, não rompe com a idéia de conflito cognitivo tal qual elaborada na proposta de Posner et al. (1982) e, conseqüentemente, não rompe com uma das principais deficiências daquele modelo.

Na verdade, as estratégias que a autora propõe para as etapas de psicanálise e psicossíntese são passos mais claramente delineados para o estabelecimento e superação de conflitos cognitivos.

Consideramos que Santos, M.(1991) supera, em certa medida, a análise puramente racional elaborada por Posner et al. para o processo de aceitação de novas idéias pelos alunos. A autora contempla em sua análise os aspectos afetivos e as mediações realizadas pelo professor, afastando-se dos critérios de inteligibilidade, plausibilidade e fertilidade de novas concepções - aspectos considerados suficientes no modelo de 1982.

Por outro lado, a autora não supera a visão de aprendizagem puramente conceitual característica do trabalho de Posner et al., e criticada anteriormente.

Finalmente, acreditamos que a visão de mudança implícita nas propostas de Santos, M.(1991) é um avanço em relação à de Posner et al., pois no encadeamento do trabalho é evidente a preocupação da autora de que: “a mudança conceitual não se pode impor, nem ser vertiginosa, tem que se ir construindo crítica e responsavelmente através de uma gama de mediações. Tem que ser cuidadosamente preparada para não provocar desenraizamentos

intelectuais e afetivos” (Santos, M.,1991, p.244), aspectos desconsiderados no modelo de mudança conceitual de 1982.

Assim, o modelo revolucionário (*ver* discussão da seção 2.5) proposto por Santos, M.(1991) supera em importantes aspectos o modelo de mudança conceitual de Posner et al. entretanto, não contempla algumas características essenciais, presentes nos modelos que romperam ( de forma mais ou menos marcante) com a pedagogia da mudança conceitual, propondo uma pedagogia de evolução conceitual. Tais modelos serão neste capítulo caracterizados através dos trabalhos de Giordan (1989), Désautels e Larochelle (1992) e Mortimer (1994a).

#### **4.3 - O Modelo Didático de Aprendizagem Alostérica de André Giordan**

Giordan e Vecchi (1988), constróem uma análise evolutiva para a aprendizagem de conceitos discutindo que a aquisição de um saber conceitual é elaborada progressivamente. A idéia de “aura conceitual” proposta pelo autor compreende que não podemos, como propõe muitas vezes o ensino, elaborar conceitos separados uns dos outros, nem trabalhá-los como se fossem produtos da acumulação histórica de subconceitos.

Giordan e Vecchi (1988) analisam algumas características dos conceitos: i) são pontos de reagrupamentos, permitem reunir um conjunto de aquisições dispersas; ii) são instrumentos de investigação na elaboração da ciência; iii) põe em relação fenômenos, que parecem divergentes, por meio de alguns princípios organizadores comuns. Assim considerados os conceitos estão incluídos dentro de um vasto campo conceitual que superam grandemente uma disciplina particular e dão maior significado às necessárias correlações dos conceitos de uma “aura conceitual” e de seu “estado de integração”.

A aquisição de conceitos e o tratamento pedagógico conferido a estes, deve na perspectiva de Giordan (1989), ser realizada a partir do estudo de um tema organizador ou de “tramas conceituais” elaboradas pouco a pouco, com uma estruturação lenta, progressiva e contemplada através de distintos temas de estudo e de certo número de vivências.

Apesar de reconhecer as limitações da utilização de “modelos” para o ensino, o autor a partir de sua visão evolutiva e cognitiva, propõe um modelo de aprendizagem “alostérico”, estabelecendo uma analogia entre o processo de aquisição conceitual e o funcionamento e estrutura de uma enzima (proteína). O termo “alostérico” exprime a diferença na estrutura do *regulador* e do *substrato* mostrando as interações entre *sítios* distintos (a rede conceitual das informações prévias dos alunos e as informações fornecidas pelo professor) e “evocando a possibilidade de um ajustamento induzido da molécula enzima, uma “transição alostérica” discreta (Changeux, 1980 apud Casonato, 1994, p. 6).

#### 4.3.1- O modelo

Utilizando uma fundamentação construída a partir das noções de “obstáculo epistemológico” e da análise elaborada por Bachelard (1993) sobre o “erro positivo e útil”, Giordan (1989, p. 250) propõe um aprofundamento do “processo conflitivo” através da conjugação de diferentes posições: “do conhecer ao mesmo tempo ‘graças a’ (Gagné); ‘a partir de’ (Ausubel); ‘através de’ (Piaget) nossos saberes anteriores e, ao mesmo tempo, aprende-se ‘contra’ (Bachelard) estes últimos”.

O modelo é na visão do autor, um modelo para intervenção em sala de aula, se ocupando das condições que facilitam ou impedem a aquisição do saber: aquelas que o aluno<sup>13</sup> deve colocar em prática para provocar a auto-transformação de sua rede conceitual, e o corolário educativo ou cultural do meio ambiente adequado, indispensável para favorecer a evolução conceitual.

A base teórica do modelo, vinculada ao funcionamento de uma proteína não será discutida neste texto, entretanto, as estratégias estabelecidas pelo autor traduzem a perspectiva de transformação das concepções dos alunos.

<sup>13</sup> Giordan (1989) utiliza o termo *l'apprenant* (o aprendendo), ao invés de *l'élève* (o aluno) ou *l'apprenti* (o aprendiz), possivelmente com o intuito de dar ao termo um sentido processual. Em nossa tradução de seu trabalho optaremos pela palavra aluno.

Na análise de Giordan (1989), o **saber** é o produto de informações obtidas ao longo de múltiplas atividades escolares e cotidianas; nesses dois casos, as diversas ligações estabelecidas entre as partes das cadeias de conhecimentos ou entre as próprias cadeias, é significativa .

Na análise do autor, essas diversas ligações formam redes de relações entre conceitos, que são pertinentes para a aprendizagem e constituem a trama de seu sistema de pensamento, a rede de questionamentos e de análise que o aluno ativa para interpretar as informações obtidas. Constituem-se de “sítios ativos conceituais” por onde as novas informações podem se processar. Essas últimas só podem ser compreendidas e eventualmente estocadas se forem interconectadas por relações significantes ao quadro de pensamento do aluno.

Para permitir a aprendizagem é necessário ou transformar a estrutura conceitual da informação, o que se mostra freqüentemente impossível, ou transformar o sítio ativo do aluno. Assim a estrutura conceitual do aprendiz deve se transformar radicalmente (Figura nº 2), e para isto certos elementos ou condições são introduzidos, especialmente modelos.

#### FIG Nº 02 - PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO RADICAL DA ESTRUTURA CONCEITUAL DO ALUNO

Assim, o aluno aprende relacionando as informações exteriores, não linearmente, umas em relação às outras, mas relacionando essas informações em lugares específicos de sua rede conceitual (Figura nº 3). No caso das aprendizagens fundamentais, o novo dado não pode se inscrever diretamente na linha dos conhecimentos anteriores do aluno; estes representam freqüentemente um obstáculo à sua integração (Figura nº 4). Uma transformação da estrutura conceitual do aluno deve então se operar.

#### FIG Nº 03 - A INFORMAÇÃO OCUPA O LUGAR ESPECÍFICO NA REDE CONCEITUAL DO ALUNO

#### FIG Nº 04 - A INFORMAÇÃO NÃO PODE SE INSCREVER DIRETAMENTE NA LINHA DE CONHECIMENTO DO ALUNO

Para efetivar transformações nas estruturas conceituais é necessário promover uma transformação intelectual da estrutura de pensamento do aluno. Assim, essa deformação na estrutura pode desembocar numa transformação radical da rede conceitual. As mesmas informações permanecem no mesmo lugar, mas elas não são lidas da mesma maneira. Os conceitos são, neste momento, religados por outras relações que lhes dão uma outra significação. Sua importância relativa vem a ser diferente: uma outra estruturação do pensamento se torna funcional; digamos que ela determina um maior número de sítios ativos de um lado, e de sítios ativos diferenciados de outro (Figura nº 5).

#### FIG Nº 05 - A RESTRUTURAÇÃO DO PENSAMENTO DO ALUNO

Segundo Giordan, na promoção de mudanças estruturais nos conhecimentos dos estudantes, é necessário primeiramente:

"induzir uma série de desequilíbrios conceituais pertinentes. É útil motivá-lo para as questões a serem discutidas. (...) Um certo número de confrontações autênticas são indispensáveis (confrontações aluno-informação), as quais devem convencer o aprendiz que suas concepções não são adequadas em relação ao problema tratado. Em seguida, o aprendiz deve entrar num certo formalismo, enquanto exercita a reflexão. É necessário mobilizar o saber do aluno, pois assim ele poderá testar constantemente sua operacionalidade e seus limites." (Giordan, 1989, p.254-255).

Na visão de Giordan (1989), através dessas estratégias os alunos aprendem como ativar seus saberes anteriores na construção de novos conhecimentos.

#### **4.3.2- Alguns comentários**

GIORDAN (1989) propõe um modelo mais cognitivo que educacional, a despeito da sua convicção de que o seu modelo é de “aprendizagem” e não uma “teoria cognitiva a mais”.

Sua análise para conjuntos de conceitos supera em vários aspectos a abordagem cognitiva utilizada por de Posner et al.(1982), porque prevê a interação da nova informação com a estrutura prévia do aluno. Uma interação que permite a transformação da estrutura de pensamento do estudante (*o substrato*), que é alterado no processo da aprendizagem. Possivelmente se Posner et al. (1982) levassem às últimas conseqüências a idéia de “Ecologia Conceitual” de Toulmin, conseguiriam um efeito similar ao proposto por Giordan.

O modelo de Giordan é um modelo evolucionário, mas guarda alguns aspectos herdados da abordagem revolucionária, como a visão de que para ocorrerem aprendizagens é necessário induzir o aluno a uma série de desequilíbrios conceituais a partir de estratégias de conflito cognitivo, sejam elas estabelecidas através de uma *maiêutica* conflitiva ou através de modelos discrepantes capazes de possibilitar transformações na estrutura conceitual do aluno.

Como dita a tradição na pesquisa em ensino de ciências, a abordagem de Giordan (1989) compreende ainda que “aprender ciências é aprender conceitos”, apesar do autor não concebê-los como individuais ou desconectados de estruturas que lhes dêem sentido, não elabora avanços significativos para a análise de “conhecimento puramente conceitual”.

Assim, considera que as transformações ocorridas nas estruturas cognitivas dos indivíduos, a partir da aprendizagem de um novo conceito, tem natureza apenas conceitual. O autor não discute a possibilidade da aprendizagem de um conhecimento em ciência corresponder a uma introdução do aluno em uma nova linguagem, em uma nova estrutura de pensamento, com regras e lógicas próprias, e porque não dizer, em uma cultura construída por uma comunidade científica.

Uma abordagem dessa natureza é que compreendemos capaz de problematizar o conhecimento científico relingando-o às questões culturais e sociais que, em certa medida fomentaram a sua construção.



Nossas considerações não invalidam o modelo de Giordan, que é perfeitamente adequado à visão dominante no ensino de ciências e se constitui um avanço em relação ao modelo de Posner et al. (1982).

#### **4.4 - Da Mudança Conceitual à Complexificação conceitual de Marie Larochelle e Jacques Désautels**

##### **4.4.1 - Da Mudança Conceitual à Complexificação Conceitual**

Larochelle e Désautels (1992) ao analisarem o construtivismo implementado na pesquisa em ensino de ciências, criticam vários aspectos das interpretações “ditas construtivistas” que conservam traços do empirismo - os autores referem-se às perspectivas de mudança conceitual de George J. Posner e seus companheiros da *Cornell University*.

Os autores analisam este empirismo manifesto nas pesquisas:

- Um empirismo presente na interpretação dada à idéia de conflito cognitivo, largamente utilizada nas pesquisas em mudança conceitual, ao presumirem que pode existir alguma coisa como uma evidência empírica contraditória, capaz de produzir um desequilíbrio cognitivo. O fato empírico por si não é o conflito. O conflito não pode ser gerado em outro nível, nem pode ser considerado como a causa do desequilíbrio cognitivo. Em outros termos, nas análises empreendidas “o sujeito conhecedor é considerado como produto do meio ambiente: ele seria o que o meio ambiente faz dele” (Désautels e Larochelle, 1992, p. 40-41).

As abordagens conferidas ao conflito cognitivo utilizam uma análise que se esquece de que há mais de uma maneira de sair de uma situação problemática e que as hipóteses *ad hoc* são um instrumento precioso - mesmo para os cientista. Esquece-se igualmente, que os imperativos intelectuais que levam alguns a produzir conhecimentos presumivelmente isentos de toda contradição (se isso é realmente possível!) não são partilhados pelos alunos. E além disso, utilizam a idéia ingênua (*naïve*) segundo a qual um conhecimento pode ser substituído por um

outro, durante um processo de substituição, que é em si mesmo contraditório no quadro da perspectiva construtivista que alimenta a reflexão da mudança conceitual.

- Um empirismo presente também na interpretação freqüentemente implícita que se propõe ao saber científico, onde este é um resultado, um objeto de conhecimento acabado; onde não se coloca o problema inicial gerador do conhecimento, tampouco a linguagem, a existência de um sujeito que o estruturasse, as contingências sociais e históricas, os postulados teóricos e metafísicos que dão sentido a este conhecimento.

Como um contraponto às abordagens de mudança conceitual a ao empirismo nelas manifesto. Désautels e Larochelle propõem uma outra interpretação para o conflito cognitivo, onde uma perturbação deva ser considerada como tal pelo sujeito, onde não é a lacuna que provoca um desequilíbrio mas as atividades de cognição “*motivadas*” (*cognition motivées*). Propõem ainda, que o processo do conhecimento pode ser pensado como uma complexificação da estrutura conceitual e não como a eliminação de conhecimentos prévios dos estudantes, nem da sua substituição por outros conhecimentos.

Como exemplo e fundamento de um processo de complexificação conceitual, os autores utilizam a noção de perfil epistemológico construído por Bachelard (1940) - é a esta noção que recorrem também para formularem estratégias de perturbação epistemológica (*dérangement épistémologique*).

Por considerarmos que para a compreensão da idéia de complexificação conceitual é necessário o entendimento da noção de perfil epistemológico procuraremos reconstruir brevemente esta idéia bachelardiana.

#### **4.4.2 - A noção de perfil epistemológico: uma aproximação necessária à Bachelard**

Bachelard em “*A Filosofia do Não*”(1940) considera que um conhecimento passa por várias doutrinas e que a filosofia do espírito científico não é uma filosofia homogênea, apesar da evolução de um conhecimento particular caminhar no sentido de uma coerência racional.

Desta forma, Bachelard elabora uma explicação detalhada das diferentes maneiras de se conceituar a realidade em termos científicos e propõe uma “escala” para localizar os diversos debates ou visões filosóficas - um perfil epistemológico, que deve ser determinado para cada conceito separadamente. O autor exemplifica a noção de perfil epistemológico através da construção de seu próprio perfil referente à noção de massa (Figura nº 06).

A primeira zona do perfil, denominada *realista*, é basicamente de senso comum, corresponde à noção apreciativa quantitativa grosseira e ávida de realidade. “Aprecia-se a massa pela vista” (Bachelard, 1940, p.22).

A segunda região do perfil - *empirista*, refere-se à noção de massa que é cautelosamente empírica, determinada precisa e objetivamente através de instrumentos, que precedem a teoria. O conceito de massa está ligado à utilização da balança, “correspondendo a um pensamento empírico, sólido, claro, positivo e imóvel” (Idem, p.26).

O *racionalismo clássico*, representado através da terceira região do perfil, nasce com a mecânica racional newtoniana e refere-se à utilização correlata de noções, de forma que a massa passa a ser definida como o quociente entre força e aceleração.



FIG. Nº 06 - O PERFIL EPISTEMOLÓGICO DE BACHELARD EM RELAÇÃO AO CONCEITO DE MASSA (BACHELARD, 1940, P. 41)

O *racionalismo completo*, a noção de massa torna-se mais complexa. Pois a relatividade demonstra que a massa depende da velocidade. A massa relativística é pois: relativa ao deslocamento do objeto, se comporta diferentemente em relação a aceleração tangencial e à aceleração normal, não tem natureza diferente àquela da energia. Assim, a noção muda dependendo do problema de aplicação e contexto.

A última zona do perfil - *racionalismo discursivo* ou *contemporâneo*, é aquela na qual há a multiplicação e complicação das noções de base. A mecânica de Dirac é desrealizada, surge a massa negativa, a realização se impõe à realidade: “a teoria insiste, não hesita, a preço de algumas modificações de base em procurar as realizações de um conceito inteiramente novo, sem raiz na realidade comum” ( Idem, 1940, p.34).

Ao percorrermos as regiões do perfil é evidente o processo de complexificação conceitual, proposta pela abordagem de Bachelard. É exatamente esta idéia, de que qualquer conceito deva se tornar cada vez mais complexo ao longo do perfil que alimenta a abordagem de Désautels e Larochelle (1992), pois a concepção de complexificação conceitual não implica a eliminação do conhecimentos anteriores mas uma reorganização da estrutura conceitual.

#### **4.4.3- As estratégias propostas para a promoção de uma complexificação conceitual**

Para a promoção da complexificação conceitual no conhecimento do estudante, Désautels e Larochelle (1992) propõem estratégias de perturbação epistemológica (*dérangement épistémologique*) no sentido proposto por Bachelard (1949) para a “psicanálise do conhecimento” - em certa medida já discutidas nas estratégias propostas por Santos, M.(1991).

Na concepção dos autores, é importante pensar uma estratégia pedagógica que determine um estatuto epistemológico mais ativo ao aluno e ao professor, integrando as características reflexiva, conflitual, inacabada e isenta de todo imobilismo. Désautels e Larochelle (1992) elaboram então, estratégias de perturbação epistemológica, que consistem, essencialmente, na promoção de uma reflexão crítica dos postulados e finalidades que orientam toda produção do conhecimento, e não apenas a do saber científico.

Segundo os autores, as estratégias

“visam facilitar às pessoas o questionamento de suas representação em face de representações mais abrangentes (isto não supõe a rejeição das concepções pessoais, mas sua idealização) e se, permite ou desenvolve uma capacidade de reflexão e de interrogação, de maneira crítica, dos postulados que dão suporte às suas estratégias de construção de conhecimentos”( Désautels e Larochelle ,1992, p.77)

A estratégia de perturbação epistemológica se parece com uma estratégia de “auto-suficiência” cognitiva (“*autonomisation*” *cognitive*) mais que uma estratégia depreciativa, e mesmo coercitiva das aquisições cognitivas das pessoas.

Assim, numa sala de aula são simuladas certas condições da produção do saber científico, dentro de um quadro geral de uma estratégia dita de perturbação epistemológica; para este fim usam-se duas condições do conhecimento científico:

- o saber científico é um saber construído - inventado.
- o saber científico é um saber negociado e discutido entre os pares - um saber coletivo.

A discussão dessas características é realizada dentro de um contexto simulado, constituído basicamente de um programa de computador, elaborado pelos autores e denominado “O Enigmático” (*logiciel L’énigmatique*). A estratégia consiste em formar grupos de três estudantes em equipes de pesquisa que dispõe de um microcomputador para elaborar ou imaginar soluções para os problemas suscitados por diversas situações enigmáticas. Os alunos terão assim uma situação problemática para solucionarem.

A solução encontrada para os enigmas deve ser aceita coletivamente, nem os interventores nem o animador da atividade podem dar a melhor resposta. Assim, os estudantes devem decidir qual explicação usarão, quais os melhores critérios e métodos julgados mais aceitáveis para sua construção. Os alunos devem ainda, como forma de interação na comunidade “científica” e de produção de um debate científico, produzir textos expondo as atividades de pesquisa aos colegas, participando de debates e colóquios promovidos em classe, devem ainda expor o trabalho a partir de um caderno de notas (*cahier*) de laboratório, e construir um

“*Journal Perssonel*” (espécie de caderno onde os alunos desenvolvem suas idéias) que possibilite a reflexão sobre a produção do conhecimento.

O desenvolvimento e os resultados dessas atividades, que não serão tratados neste texto, sugerem na concepção de Désautels e Larochelle (1992):

- uma clarificação escolar - há o desenvolvimento do ponto de vista do aluno;
- uma clarificação epistemológica - há o questionamento e análise crítica das suposições iniciais;
- uma estruturação - que se faz através do debate e na aceitação dos pontos de vista de outros;
- uma dialetização - a partir da discussão com diferentes conceitos, suas relações e interações complexas.

#### **4.4.4- Conexões e avanços em relação à proposta da mudança conceitual**

Eminentemente crítico em relação às propostas de mudança conceitual, o trabalho de Désautels e Larochelle (1992) é, não somente uma corroboração às críticas elaboradas ao modelo de mudança conceitual e discutidas no Capítulo 3, como também supera alguns aspectos deficientes da abordagem de Posner et al (1982).

Consideramos como o avanço mais significativo da complexificação conceitual, a compreensão de que o processo de aprendizagem não se dá por substituição de saberes, e que a coexistência de interpretações de naturezas diversas para um mesmo fenômeno é uma possibilidade amplamente aceitável.

Esta análise, como vimos, não está presente nos trabalhos discutidos anteriormente (na mudança conceitual de Santos, M. -1991- e na aprendizagem alostérica de Giordan -1989), apesar daqueles autores trabalharem com o referencial bachelardiano, não abstraem do trabalho de Bachelard a possibilidade da coexistência de concepções, o que é lamentável.

Compreendemos ainda, que a visão de conflito cognitivo elaborada por Désautels e Larochelle (1992) é mais plausível que a de Posner et al (1982) e se aproxima da visão piagetiana de “equilíbrio majorante”. Por se dar através de uma vivência do estudante, o conflito cognitivo deixa de ser meramente intelectual (racional) como proposto na abordagem de Posner et al

(1982). Os autores propõem um conflito prático que é capaz de mobilizar as atenções, as energias dos estudantes; e para isto elegem sete modalidades de enigmas (ver Désautels e Larochelle, 1992, Anexo 1, p. 245-248).

As atividades conflitantes propostas, se aproximam da abordagem piagetiana porque para os autores assim como para Piaget “ uma perturbação, seja ela exógena ou endógena, não é jamais perturbadora se não relativamente a m dinamismo próprio a um sujeito que descobre aí um problema e busca inventar soluções (Inhelder et al, 1977, p.42 apud Désautels e Larochelle, 1992, p. 41).

Apesar da denominação complexificação conceitual, consideramos que os autores superam em certa medida a abordagem meramente conceitual que criticamos nos modelos discutidos até o momento. Compreendemos que a realização das atividades - “solução dos enigmas” - promove não apenas a complexificação das concepções individuais dos alunos, através do debate na comunidade, mas permite aproximações ao métodos, às posturas e atitudes presentes e determinantes na elaboração do conhecimento científico.

Não se trata apenas da possibilidade da adoção de posturas críticas em relação ao conhecimento produzido, esta característica muitas vezes não está presente na investigação científica. Trata-se, na verdade, da emergência do caráter investigatório, do não contentamento com a realidade próxima que tem movido o crescimento do conhecimento científico. E neste sentido, a abordagem de Désautels e Larochelle (1992) avança na compreensão de que “aprender ciências é aprender conceitos”, apostando na possibilidade de que aprender “ciências também é aprender posturas”

#### **4.5 - “A noção de perfil conceitual como alternativa para a construção de estratégias de ensino e de análise da evolução conceitual”: Eduardo Fleury Mortimer.**

Mortimer (1994b) é bastante incisivo na defesa de uma teoria de Evolução Conceitual, e ao criticar vários aspectos psicológicos e filosóficos das estratégias de mudança conceitual conclui

que os resultados disponíveis na literatura foram confirmados por aqueles que ele obteve em sala de aula<sup>14</sup> e "reforçam a idéia de que não é adequado descrever o processo de ensino como uma substituição das idéias prévias dos alunos por idéias científicas."(Idem, p.64)

Mortimer propõe um modelo teórico alternativo para analisar não o processo de mudança conceitual, mas a evolução conceitual em sala de aula. Segundo o autor: "Esse modelo deverá admitir a possibilidade de se usar formas de pensar em diferentes domínios e, ainda, permitir que a construção de uma nova idéia possa, em algumas situações, ocorrer independentemente das idéias prévias e não necessariamente como uma acomodação de estruturas conceituais já existentes." (Idem, p.64).

Gaston Bachelard é, como nas perspectivas evolucionistas analisadas anteriormente, o referencial eleito por Mortimer (1994a) na construção de sua concepção didático- pedagógica; para este autor, assim como para Désautels e Larochelle (1992) o conceito fundamental abstraído do trabalho de Bachelard (1940) é a noção de perfil epistemológico (ver discussão na seção 4.4.2).

Mortimer (1994a) considera, fundamentado em Bachelard (1940), que uma única doutrina filosófica ou forma de ver o mundo não é suficiente para descrever as diferentes concepções que as pessoas utilizam nos vários aspectos de sua vida (profissional, familiar, cotidiana, etc.).

Mortimer (1994a) utiliza ainda outros referenciais ( Popper, 1972; Vygotsky, 1978; Marton, 1981; Schutz, 1967; etc.) para fundamentar sua concepção de coexistência de diferentes conceitos na estrutura cognitiva dos indivíduos, que poderiam ser caracterizados através das diferentes zonas de um perfil epistemológico.

Entretanto, a noção bachelardiana ganha novos elementos na reconstrução elaborada por Mortimer. Sua noção de perfil conceitual, mantém da concepção de perfil epistemológico de Bachelard (1940) a hierarquia entre as diferentes zonas do perfil e a complexidade crescente das

---

<sup>14</sup> O autor se refere aos resultados de pesquisa obtidos em sala de aula e divulgados em sua tese de doutorado: "**Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de Perfis Conceituais**" (Mortimer, 1994a)



concepções; no entanto, Mortimer (1994a) acrescenta a esta noção uma distinção entre características ontológicas e epistemológicas para as zonas do perfil.

#### **4.5.1- A noção de perfil conceitual: abordagem e tratamento**

Na análise de Mortimer (1994a) como em Bachelard (1940) cada zona do perfil é relacionada com uma perspectiva filosófica específica, baseada em compromissos epistemológicos distintos, o autor acrescenta a estas características epistemológicas as características ontológicas que são diferentes em cada zona do perfil.

Tais características são, na compreensão do autor, muito importantes; e sua importância está relacionada às dificuldades dos estudantes em transpor categorias ontológicas normalmente utilizadas: "Para que os estudantes entendam realmente o que é força, luz, calor e corrente, eles precisam mudar suas concepções de que essas entidades são substâncias, e passar a considerá-las como um tipo de evento (*constraint-based event*) (incluindo campos), o que requer, conseqüentemente, uma mudança em sua ontologia" (Chi, 1991, p. 13 apud Mortimer, 1994a, p.41).

Mortimer (1994a) analisa também que a tomada de consciência (pelo indivíduo) de seu próprio perfil é fundamental para o processo de aprendizagem. Uma tomada de consciência capaz de clarificar a utilização de diferentes conceitos em diferentes domínios, impedindo o indivíduo de generalizar conceitos, que por serem familiares passem a ser usados em qualquer situação. Trata-se, segundo o autor, de um processo de metacognição que significa adquirir a capacidade de analisar o seu próprio pensamento. Para se atingir tal nível de consciência é necessário passar por um processo de generalização do novo conceito a novas e diferentes situações.

Outra característica importante do perfil conceitual está relacionada à possibilidade de considerá-lo como um "sistema supra-individual de formas de pensamento" que poderia ser atribuído a qualquer indivíduo dentro de uma mesma cultura. Assim, "apesar de cada indivíduo

possuir um perfil diferente, as categorias pelas quais ele é traçado são as mesmas para cada conceito”(Mortimer, 1994a, p.42).

O autor procura incorporar a dimensão social à descrição pessoal do desenvolvimento do conhecimento em sala de aula. Em sua abordagem, “é possível descrever a evolução das idéias como consequência da interação social de vários indivíduos em um grupo, ou em toda a sala de aula. As idéias ali geradas, mesmo que pertençam inicialmente a um único indivíduo, imediatamente se confrontam com o conjunto de idéias em discussão e se modificam neste processo”(Idem, p.135).

Mortimer compreende ainda que a noção de perfil conceitual é dependente do contexto e do conteúdo. Assim, a nível de planejamento do ensino é fundamental a determinação das categorias que constituem as diferentes zonas do perfil do conceito a ser trabalhado na escola, bem como a identificação dos obstáculos epistemológicos e ontológicos inerentes àquele conceito específico.

Como instrumento para a obtenção de informações sobre as categorias e os obstáculos de cada zona do perfil conceitual para um determinado conceito; Mortimer (1994a) sugere a utilização da extensiva literatura sobre concepções alternativas, e os aportes da história da ciência referentes ao conceito analisado.

A partir da construção da noção de perfil conceitual, Mortimer (1994a) empreende a caracterização do perfil conceitual do conceito de matéria, identificando em cada setor do perfil os obstáculos ontológicos e epistemológicos ao desenvolvimento daquele conceito.

Na concepção de Mortimer (1994a) o ensino de ciências ganha um novo enfoque se pensado como uma mudança de perfil conceitual. O autor compreende que:

“seria possível ensinar um conceito num certo nível de seu perfil sem fazer referência a seus níveis menos complexos, desde que eles sejam epistemológica e ontologicamente diferentes. Neste sentido, o processo de ensino-aprendizagem pode ser pensado como a construção de um corpo de noções baseado em novos fatos e experimentos apresentados ao estudante no processo de ensino. O novo conceito não depende, necessariamente, das concepções prévias, já que pode ser aplicado a um novo e diferente domínio. Apenas quando as concepções prévias constituem-se em obstáculos ao desenvolvimento do novo conceito será necessário lidar com essa contradição,

o que pode ocorrer em qualquer momento do processo de ensino e não apenas no início. Ultrapassar essa contradição significa encontrar um meio de explicá-la, o que é possível no nível mais complexo do conceito que está sendo ensinado, mas não significa o abandono dessa velha maneira de ver o mundo, que continua a fazer parte do perfil do indivíduo” (Idem, p 95-96)

A realização da pesquisa e os resultados obtidos levam o autor a declarar que “a análise do processo de ensino será importante para mostrar até onde o conjunto de suportes culturais para a construção do atomismo em sala de aula (professor, apostila, atividades, pressão dos pares, etc.) contribui ou não para a superação ou mesmo para a "queima" dessas etapas” (Idem, p.186). Os resultados obtidos por ele apontam que “apesar da queima de etapas ser teoricamente possível, as evidências disponíveis (...) indicam que o substancialismo é uma etapa na construção do atomismo, reforçando a visão de uma rota genética de construção do conceito” (Idem, p.245)

As noções desenvolvidas pelo autor conduzem a identificação dos aspectos do processo ensino aprendizagem numa perspectiva de evolução dos perfis conceituais dos estudantes:

- o processo de aquisição de um conceito deve se dar num nível específico do conceito.
- é fundamental o processo de tomada de consciência pelo aluno de seu perfil conceitual.

Estes aspectos estão diretamente relacionados com o papel que o professor assume no processo ensino aprendizagem e as estratégias que deve lançar mão para oportunizar a evolução dos perfis conceituais dos estudantes, tais estratégias são discutidas no Capítulo 6 da tese de Mortimer (1994a) e não serão discutidos em nosso texto.

Entretanto, cabe salientar ainda que o autor compreende o ensino numa perspectiva de *enculturação*. Assim, “o papel das aulas de química ou de ciências é introduzir o aluno na cultura científica, uma cultura que tem história, métodos de trabalho e estruturas conceituais complexas. Apesar de ser possível construir conhecimentos em sala de aula, isso é altamente dirigido e orientado para os conceitos, teorias e fatos experimentais já conhecidos e utilizados pela comunidade científica” (Idem, p. 258).

#### **4.5.2 - Discutindo as contribuições da abordagem de perfis conceituais para a pesquisa em ensino de ciências**

Mortimer (1994a) através de sua compreensão evolutiva para o processo de desenvolvimento das noções científicas em sala de aula nos fornece um quadro teórico mais convincente e abrangente do que aquele da abordagem de Posner et al (1982). Certamente, o autor contribui para uma visão evolutiva do processo ensino-aprendizagem; seu trabalho é um dos poucos publicados no Brasil, que assume uma postura crítica em relação à pedagogia da mudança conceitual.

O autor empreende uma abordagem não meramente cognitivista para o processo de construção de conhecimentos, ao considerar em sua análise os fatores socio-culturais intervenientes nas relações pedagógicas e presentes no ambiente social da sala de aula.

Consideramos ainda, que o autor elabora uma abordagem de tratamento do conhecimento conceitual da ciência, assinalando que a análise do ensino-aprendizagem deve considerar também o papel social e cultural da ciência. O autor compreende que aprender ciências é mergulhar num processo de enculturação, e neste sentido avança em relação à aprendizagem puramente conceitual, apesar de não explicitar uma preocupação de que aprender ciências seja, também, aprender métodos e visões de mundo, capazes de contribuir na instrumentalização de um indivíduo apto a lutar pela conquista de sua cidadania.

A perspectiva proposta por Mortimer (1994a) se nos apresenta, como um “novo programa de pesquisa”, potencialmente capaz de fornecer subsídios a uma nova prática no ensino de ciências. Uma prática que possibilite a evolução do conhecimento do aluno e não proponha a substituição desse conhecimento.

#### **4.6 - Algumas outras possibilidades...**

Na epígrafe deste capítulo apontamos para questões envolvendo a escolha de um conceito, tais questões podem ser estendidas à escolha de uma concepção (ou modelo) aplicável

às pesquisas em ensino de ciências. Compreendemos que uma escolha dessa natureza envolve questões muito mais abrangentes que os critérios subjetivos. Não se trata de dizer se o modelo de Posner et al. (1982) é o mais “feio ou o mais bonito”, mas de determinar em que medida esse modelo atende à uma escola e a um ensino de ciências comprometidos com a transformação do quadro de dificuldades da educação brasileira.

Procuramos através da análise de outras abordagens trazer à discussão elementos que não estavam presentes no modelo de mudança conceitual de Posner et al.(1982) e que se constituem um avanço em relação àquela perspectiva.

Possivelmente, outras abordagens que venham a ser elaboradas poderão avançar ainda mais em direção ao estabelecimento de um projeto em educação e ciência, capaz de fornecer saídas aos problemas educacionais vividos no ensino de ciências, que em certa medida foram levantados na apresentação deste texto.

Não temos o objetivo de apontar tais saídas, tampouco nos sentimos preparados e dispostos a elaborar modelos com esse fim. Mas gostaríamos de levantar outras possibilidades:

... *além* da preocupação demonstrada por Santos, M.(1991) com o encadeamento de uma proposta comprometida com os agentes do ato educacional (professores, alunos, etc.), seres não puramente intelectuais;

... *além* da perspectiva de Giordan (1989) que compreende que os conceitos da ciência trabalhados na escola necessitam estar conectados em estruturas de saberes que lhes dêem sentido;

... *além* da abordagem de complexificação conceitual proposta por Désautels e Larochelle (1992) e de sua perspectiva de introdução do aluno não só no conhecimento conceitual da ciência, mas possibilitando a compreensão de que o conhecimento científico é um saber construído e em evolução; é um saber coletivo e consensual;

... *além* da noção de perfil conceitual elaborada por Mortimer (1994a) que se apresenta como uma orientação de pesquisa bastante frutífera e que tem promovido o debate em torno de

uma pedagogia de evolução conceitual na comunidade brasileira de pesquisa em ensino de ciências;

As possibilidades que vislumbramos, para além das citadas anteriormente, são aquelas de vanguarda, que em certa medida já apontamos, e que procuram estabelecer relações entre cognição e processo de interação social; entre processo intrapessoais (como memória e raciocínio) e processo interpessoais (como cultura e interações entre pares). Essas investigações são realizadas numa perspectiva interdisciplinar, pois consideram conhecimentos da antropologia, sociologia e lingüística, e procuram ainda estabelecer conexões entre as teorias de Vygotsky, Piaget e outros.

Uma abordagem empreendida nesse sentido é o trabalho de Vasconcellos e Valsiner (1995), através da perspectiva “co-construtivista”. Na análise dos autores, o co-construtivismo tem formação teórica híbrida entre o construtivismo<sup>15</sup> e a sociogênese, construída a partir da conexão entre as teorias de Piaget, Wallon e Vygotsky.

Apesar dos autores não empreenderem análises para o ensino-aprendizagem de ciências, sua construção teórica pode ser mais um caminho na busca de abordagens mais eficazes para a pesquisa em ensino de ciências.

Outras contribuições que poderiam abrir novos planos de ação ao construtivismo em ensino de ciências foram reunidos por Resnick, Levine e Teasley (1993) em uma coletânea de artigos que procuram estabelecer relações entre processos cognitivos e processo sociais, ao analisarem as características sociais das motivações e representações; as ferramentas lingüísticas e de raciocínio socialmente construídas; a origem social do conhecimento, o indivíduo no contexto sociocognitivo; dentre outras discussões.

Uma outra linha de análise que poderá contribuir para as pesquisas em ensino de ciências é aquela que procura vislumbrar os alunos, professores, diretores, especialistas escolares, etc., como seres não meramente intelectuais, evidenciando as diversas dimensões dos seres envolvidos

---

<sup>15</sup> O construtivismo é aqui compreendido como nas primeiras análises do capítulo 1, e não se refere ao tipo de construtivismo que foi implementado na pesquisa em ensino de ciências.

no ato educacional escolar. Seres embuídos de sentimentos, emoções, desejos, expectativas, etc.; fatores que certamente são determinantes na trajetórias evolutivas do conhecimento escolar.

Dessa forma, procuraremos trabalhar essa possibilidade no capítulo 5 através da discussão do papel da afetividade na construção e evolução do conhecimento do aluno.

Procuraremos (re)-elaborar uma abordagem direcionada e estruturada para que o ato educacional seja comprometido com uma escola crítica, que ensina a crianças e adolescentes com um corpo e uma mente; a ciência que procuraremos trabalhar é uma ciência histórica, contextualizada e dirigida para um aluno, que apesar da limitada realidade cotidiano, será incentivado a abrir seus horizontes e ampliar suas perspectivas diante do mundo.

Esse desafio se nos apresenta grandioso, principalmente se medido pelo racional, mas como não seremos apenas racionais (no sentido clássico do termo) em nossa análise as dificuldades estão abrandadas pela paixão por uma educação transformadora.

## CAPÍTULO 5

### AFETIVIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS: uma questão inevitável e desafiadora

*Há uma série de problemas esperando resolução, muitos deles requisitando um tipo de reflexão que ainda não realizamos, ou porque ninguém atropela o tempo ou por não estarmos ainda suficientemente amadurecidos para enfrentá-los. Seja como for, é questão de tentarmos circundar a inevitável angústia gerada pela pergunta sem resposta. Em uma escola que deseja mudar, escola de percurso e não de atracadouro seguro, o movimento natural da dúvida deve se transformar em categoria de análise, centro de reflexão objeto de pesquisa, estímulo à intuição. É o destino no seu sentido clássico - de quem opta, roseeiramente, pela travessia.*

BEATRIZ H. M. CITELLI

Nesse momento, nos vemos mergulhados em um mar de dúvidas sobre que tratamento dar a um aspecto tão pouco tocado nos debates educacionais envolvendo o ensino de ciências: a dimensão afetiva das relações escolares. Dimensão afetiva, emocional, sentimental<sup>16</sup> estabelecida entre o indivíduo e o saber científico; entre os indivíduos; entre o indivíduo e a comunidade escolar; etc.

Nossas dúvidas são compreensíveis, pois não faz parte da tradição de pesquisa em ensino de ciências a preocupação com os fatores afetivos, morais ou motivacionais intervenientes (e

---

<sup>16</sup> Apesar de não ser essencial, para o âmbito de nosso trabalho uma definição desses termos, consideraremos *emoção* como o conjunto de mudanças (corporais ou mentais) que é originada por um determinado conteúdo mental (de prazer ou desprazer); *sentimento* será entendido como o processo de viver a emoção e *afeto* tem um sentido ainda mais genérico, é a emoção em geral ou a qualidade/modalidade de sentimento.



porque não dizer, determinantes) no processo de ensino-aprendizagem de conteúdos de ciências. As raras pesquisas realizadas apontam as dificuldades presentes no tratamento de questões afetivas e motivacionais, e uma postura alienada em relação a esses aspectos é assumida na sala de aula.

Segundo Lee e Anderson (1993, p. 586), “as observações das aulas de ciências revelam um padrão no qual aspectos cognitivos, motivacionais e afetivos são evidentemente falhos. Os alunos acham as aulas triviais e ‘chatas’, ou difíceis e confusas”.

Parece haver um consenso “velado” de que para se aprender os produtos da ciência não há necessidade da construção de um ambiente favorável, pois a ciência é em si mesma excitante e capaz de mobilizar as energias (atenção, interesse, compromisso) dos estudantes. Assim, parece valer o refrão de um antigo samba: *quem não gosta de samba (leia-se ciência), bom sujeito não é, é ruim da cabeça ou doente do pé.*

Essas dificuldades para lidar com os aspectos afetivos tem raízes profundas no pensamento ocidental, onde via de regra, se considera que os aspectos afetivos “turvam” a visão clara da Razão.

Compreendemos, entretanto, que o ensino de ciências, por mais racionais que sejam os conhecimentos elaborados pela ciência, é regulado por relações afetivas entre os vários agentes do ato educacional. Dessa forma, procuraremos neste capítulo, uma aproximação a esse aspecto do ensino-aprendizagem, utilizando uma argumentação que procurará desmistificar as relações clássicas estabelecidas entre afetividade e Razão, através de alguns aspectos da literatura, da filosofia, da neurobiologia e psicologia.

Efetivamente: *optamos pela travessia!*

## **5.1 - Desmistificando a relação entre Razão e Afetividade**

### **5.1.1- Utilizando uma ilustração**

Um longo debate poderia ser travado para a definição do que é Razão e Afetividade, um debate de natureza psicológica ou filosófica; entretanto, optamos por utilizar nesse momento uma ilustração como uma maneira de compreender e avaliar como a Razão e a afetividade se manifestam na ação humana.

A convivência entre Razão e afetividade na literatura, na música ou na filosofia, tem sido representada através de um constante confronto. La Taille (1992) exemplifica esse confronto com as personagens de escritores franceses do século XVII, Racine e Corneille. Outro exemplo desse confronto são os deuses gregos, cujas figuras são símbolos da natureza humana, uma natureza ambivalente, contraditória, onde via de regra, a Razão e a afetividade são imiscíveis, mas conduzem o homem a sofisticação de sua essência.

Optamos, entretanto, por um clássico da literatura alemã que tem sido reconstruído com vários objetivos e de várias formas desde 1831, quando foi publicado. Trata-se do *Fausto* (1968) de Goethe.

Dos vários *Faustos* e dos vários interlocutores de uma abordagem fáustica, nos atrainos (e utilizaremos) a análise elaborada por Marshall Berman (1986) para o *Fausto* de Goethe, que na concepção desse autor é uma história de uma tragédia do desenvolvimento. Berman (1986) analisa as três metamorfoses vividas por Fausto em sua história trágica. Acompanharemos aquela passagem na qual Fausto se transforma no “Amador” e conduz Gretchen à tragédia, através da mediação de Mefistófeles (o diabo).

*Fausto é agora um homem poderoso, revigorado pelos poderes de Mefistófeles, excitante e radiante, que se apaixona por Gretchen, por sua inocência infantil, sua simplicidade provinciana e sua humildade cristã.*

*Gretchen, uma moça do povo, se rende à atenção, aos presentes e “às emoções que eles implicam” e ao amor de Fausto. Então, o caso se desenvolve, e Gretchen aprende a ser inteligente, “pois só através da inteligência é possível enfrentar os abalos emocionais que está vivendo. Sua inocência precisa desaparecer - não apenas sua virgindade, mas acima de tudo sua ingenuidade - pois ela necessita construir e manter uma dupla vida, atenta à vigilância*

*da família, vizinhos, padres, atenta às fortes pressões daquele pequeno mundo provinciano. Ela deve aprender a desafiar sua própria consciência culpada, uma consciência que pode aterrorizá-la muito mais violentamente do que qualquer força externa. A medida que seus novos sentimentos se chocam com seu antigo papel social, ela chega a acreditar que suas necessidades próprias são legítimas e importantes, e a sentir uma nova espécie de auto-respeito” (Berman, 1986, p.54).*

*É esse desenvolvimento - uma Gretchen cada vez mais forte, racional e apaixonada - que assusta Fausto, e o faz fugir.*

*A partir daí a tragédia se desenvolve: Fausto assassina Valentim (irmão de Gretchen); Gretchen trás à vida um filho de Fausto; a mãe de Gretchen morre; o filho de Gretchen morre; ela é julgada como assassina e condenada à morte.*

*“Em uma verdadeira cena de forte comoção, Fausto vai à sua cela no meio da noite. De início, ela não o reconhece. Toma-o pelo carrasco e, num gesto insano mas terrivelmente apropriado, oferece-lhe o próprio corpo para o sacrifício derradeiro. Ele lhe jura seu amor e tenta convencê-la a fugir com ele. Tudo pode ser arranjado: ela necessita apenas caminhar até a porta e estará livre. Gretchen se comove, todavia não se moverá (...) Ela permanece onde está e morre” (Idem, p.57).*

*Quanto à Fausto, o personagem principal da tragédia que em nossa análise se tornou secundário, ele segue o seu caminho até atingir o clímax de sua vida como o “Fomentador”.*

Nessa reconstituição temos uma Gretchen impulsionada pelo amor (e pelo desejo de ser amada) em direção à Fausto, em direção à execração pública, à morte.

Mas serão as atitudes de Gretchen atitudes apaixonadas e irracionais? Se considerarmos Razão como Damásio (1996), certamente não!

Segundo Damásio (1996) a Razão é um processo de utilização de imagens que representam conhecimento, de forma a permitir uma resposta adaptativa, uma escolha que permita ao organismo continuar a viver de uma forma eficaz.

Essa compreensão para Razão, clarifica que nas atitudes de Gretchen o afeto conduz a Razão; uma racionalidade que procura o bem estar próprio; o progresso; o desenvolvimento; que lhe confere auto-respeito; que elabora estratégias para manter o seu caso em segredo. Na personagem, a afetividade regula as ações racionais. Até mesmo sua escolha pela morte tem algo de racionalização dos fatos, pois ela sabe que Fausto não a ama e não voltará a viver com ela.

Podemos, dessa forma, dizer que a personagem não agiu apenas pela paixão e nesse sentido sua tragédia também foi racional.

Essa ilustração, e a interpretação nada literal que conferimos a ela, torna evidente nossa compreensão de que em qualquer análise realizada entre Razão e afetividade, esses dois elementos essencialmente humanos, não podem ser vistos como excludentes. Nossa análise compreende que a emoção e a afetividade não podem ser vistas como um impedimento à utilização da Razão.

Essa tese foi desenvolvida por Damásio (1996) e constituirá o objeto de nossas análises nas próximas seções.

### **5.1.2 - O reducionismo da análise racionalista**

Como discutimos no Capítulo 1, uma concepção de construção de conhecimento foi incorporada ao pensamento ocidental através do racionalismo cartesiano. Descartes, através do *Discurso do Método* (1979) tornou-se o símbolo de uma nova era da Razão.

O pensamento de Descartes rompeu com a visão Escolástica, ao “compreender a matemática como um método geral de análise e pensamento” (Granger, 1955, p. 18); rompe ainda com o pensamento dos Antigos (um consenso do pensamento de Sócrates, Platão, Aristóteles e os Estóicos) sobre a geometria, extraíndo dela “não só o *modelo*, mas também o *instrumento* de todo o conhecimento demonstrativo” (Idem, *ibidem*), fundando, assim, uma ciência racional.

Descartes através da afirmação “penso, logo existo”, e das conseqüências dessa afirmação, demonstra que é possível “a existência dos corpos e, assim, é possível fundamentar a

física como uma ciência dos corpos extensos reais, diferentes, portanto, da geometria especulativa, que tem como objetivo as “essências abstratas” dos corpos extensos” (Landim Filho, 1996, p. 6).

Assim, a Razão cartesiana empreende a conquista de uma ciência eficiente, ao se afastar de uma aparelhagem lógica demasiadamente verbal. Entretanto, ao estabelecer reflexões sobre a fundamentação do saber necessariamente conectadas às análises sobre a natureza do sujeito, Descartes não estabelece relações entre a natureza cognitiva e corporal desse sujeito.

Segundo António Damásio, a famosa afirmação de Descartes “sugere que pensar é ter consciência de pensar são os verdadeiros substratos de existir. E como sabemos que Descartes via o ato de pensar como uma atividade separada do corpo, essa afirmação celebra a separação da mente, a “coisa pensante” (*res cogitans*) do corpo não pensante, o qual tem extensão e partes mecânicas (*res extensa*)” (Damásio, 1996, p. 279).

Assim, fortifica-se na concepção ocidental a dicotomia entre mente e corpo, uma dicotomia que influencia as análises dos biólogos (Damásio, 1996) e a compreensão de que o pensamento racional deve fazer calar as paixões, desejos e impulsos emanantes do corpo.

Dessa forma, a tragédia vivida por Fausto e Gretchen é delegada à não utilização da Razão e à entrega às “paixões da carne”. Nossa perspectiva, como já afirmamos, é outra e compreende uma intrínseca, relação entre Razão e sentimento.

Nossa compreensão se aproxima daquela elaborada por Damásio (1996, p. 15), segundo a qual, “Os sentimentos juntamente com as emoções que os originam, não são um luxo. Servem de guias internos e ajudam-nos a comunicar aos outros sinais que também os podem guiar. E os sentimentos não são nem intangíveis nem ilusórios. Ao contrário da opinião científica tradicional, são precisamente tão cognitivos como qualquer outra percepção”.

### **5.1.3 - A emoção e o sentimento como mecanismos de regulação biológica**

Nas análises literárias e filosóficas Razão e Emoção são normalmente caracterizadas como capacidades humanas antagônicas, nas discussões neurobiológicas ocorre o mesmo. Assim,

“o âmago cerebral antigo encarregar-se-ia da regulação biológica básica no porão, enquanto no andar de cima o neocórtex deliberaria com sensatez e sutileza. Em cima, no córtex, encontrar-se-ia a Razão e a força de vontade, enquanto embaixo, no subcórtex, se encontraria a emoção e todas aquelas coisas fracas e carnavais” (Damásio, 1996, p. 157).

Damásio (1996) procura estabelecer uma nova abordagem para a neurociência, discutindo as emoções e os sentimentos como aspectos centrais da regulação biológica, sugerindo que eles estabelecem uma ponte entre processos racionais e não racionais.

Assim, compreende que as estratégias da Razão humana se desenvolveram (em termos evolutivos e individuais) através da força orientadora dos mecanismos de regulação biológica, “dos quais a emoção e o sentimento são expressões notáveis” (Idem, p. 12).

Na abordagem empreendida por Damásio, as emoções facilitam as interações sociais; oferece-nos flexibilidade de resposta com base na história específica de nossas interações com o meio ambiente e constituem-se uma combinação do processo avaliatório mental.

Assim, através do raciocínio e das decisões que ele implica, utilizamos alguma estratégia lógica que é selecionada e dirigida por mecanismos de emoção ou de sentimento, ou mecanismos que permitem a criação de um repertório de diferentes opções para uma seleção. Esse repertório é constituído pelos “marcadores-somáticos” propostos pelo autor (ver capítulo 8 de Damásio, 1996), e são um caso especial do uso de sentimentos e emoções. Emoções e sentimentos que foram ligados, pela aprendizagem, a resultados possíveis previsto em determinados cenários.

Sob este ponto de vista, o mecanismo de tomada de decisão pertence à regulação biológica básica; ao domínio pessoal e social; e às construções afetivas e emocionais estabelecidas com o mundo circundante. Assim, as emoções são inerentemente racionais, na medida em que ajudam a controlar as ações de forma racional.

Damásio compreende ainda, que as relações entre Razão e emoção podem tender “*para o melhor ou para o pior*”. Assim, os sentimentos podem provocar distúrbios destrutivos nos processos de raciocínio em certas circunstâncias.

Seus estudos com doentes neurobiológicos, levam Damásio (1996, p. 17) a estabelecer algumas premissas para a sua teoria, que sintetizamos nesta seção:

- O cérebro humano e o resto do corpo constituem um organismo indissociável, formando um conjunto integrado por meio de circuitos reguladores bioquímicos e neurobiológicos mutuamente integrativos;
- O organismo interage com o ambiente como um conjunto: a integração não é nem exclusivamente do corpo nem do cérebro;
- As operações fisiológicas que denominamos por mente derivam desse conjunto estrutural e funcional e não apenas do cérebro: os fenômenos mentais só podem ser cabalmente compreendidos no contexto de um organismo em integração com o ambiente que o rodeia. O fato de o ambiente ser, em parte, um produto da atividade do próprio organismo apenas coloca ainda mais em destaque a complexidade das interações que devemos ter em conta.

As teses apresentadas por Damásio (1996) nos fornecem um novo quadro teórico para a análise da relação entre afetividade e Razão. Uma visão *monista*, que não dicotomiza essas capacidades humanas. É esta compreensão a mais adequada para uma abordagem educacional preocupada com o desenvolvimento integral do estudante.

Sua abordagem dá um salto qualitativo no que tange às análises educacionais em relação à abordagem racionalistas (ou tese neurobiológicas dela derivadas), pois nos obriga a estar atentos às construções e possibilidades afetivas (e, portanto racionais) que temos possibilitado ao aluno nas interações nas aulas de ciências.

Damásio reconhece a responsabilidade de suas teses para uma abordagem educacional:

“Em um nível prático, a função atribuída às emoções na criação da racionalidade tem implicações em algumas das questões com que a nossa sociedade se confronta atualmente, entre elas a educação e a violência. Não é este o local para uma abordagem adequada dessas questões, mas devo dizer que os sistemas educativos poderiam ser melhorados se se insistisse na ligação inequívoca entre as emoções atuais e os cenários de resultados futuros, e que a exposição excessiva das crianças à violência real, nos noticiários e na ficção audiovisual desvirtua o valor das emoções na aquisição e desenvolvimento de comportamentos sociais adaptativos. O fato de tanta violência gratuita ser apresentada em um enquadramento moral só reforça sua ação dessensibilizadora” (Damásio, 1996, p. 278).

Entretanto, uma análise da afetividade como instrumento educacional, carece ainda de outros argumentos que construiremos nas próximas páginas.



## **5.2 - A Afetividade na Pesquisa e no Ensino de Ciências**

### **5.2.1 - A questão da racionalidade científica**

As discussões realizadas nas páginas anteriores, apontam para uma nova forma de analisar o processo de produção / apreensão do conhecimento, onde esses mecanismos / processos estão intrinsecamente relacionados a aspectos afetivos. Uma afetividade, emoção e sentimento que guiam nossas atitudes e regulam a construção e utilização do pensamento racional.

Entretanto, esta não é a visão hegemônica nas pesquisas e práticas escolares. Ali, como nas abordagens literárias, filosóficas e neurobiológicas clássicas, Razão e emoção são caracterizadas como propriedades antagônicas.

No que tange ao ensino de ciências, as influências para um tal pensamento tem origem principalmente na idéia de que a *Ciência deve ser racional*, e que para estabelecermos uma aproximação a esse conhecimento, devemos livrar-nos “de muitos erros que podem ofuscar a nossa luz natural e nos tornar menos capazes de ouvir a Razão” (Descartes, 1979, p. 33).

No ensino aprendizagem de ciências, a racionalidade é, ainda, caracteristicamente empirista, de forma que “proposições de observação podem ser averiguadas por qualquer observador pelo uso normal dos sentidos. Não é permitida a intrusão de nenhum elemento pessoal, subjetivo. A validade das proposições de observação, quando corretamente alcançada, não vai depender do gosto, da opinião, das esperanças ou expectativas do observador” (Chalmers, 1993, p. 34).

É com esse objetivo que são construídas, orientadas e executadas muitas das atividades escolares em ensino de ciências, particularmente aquelas relacionadas à utilização do método científico.

As análises educacionais de conteúdos científicos são guiadas, dessa forma, por uma racionalização onde determinadas características do pensamento definem a Razão científica, como o nível combinatório da Razão formal (lógica formal); princípios de identidade lingüística e

princípios axiomáticos, considerados por muito tempo, como únicos definidores da racionalidade científica (*ver* Granger, 1955, cap. II).

Efetivamente, o pensamento / ação educacionais no ensino de ciências orientam-se por teses epistemológicas, que desconsideram os aspectos coletivos e históricos da construção da ciência, bem como, teorias filosóficas, doutrinas religiosas, fatores sócio-culturais, decisões governamentais e de fomento às pesquisas, que orientam e definem o trabalho na ciência. Assim, uma *ciência asséptica* requer um *ensino asséptico*.

Entretanto, se a assepsia na produção da ciência é a muito tempo criticada, pouco se tem discutido sobre a “assepsia” ou tentativa de assepsia nas relações escolares, principalmente, no ensino de ciências.

Apontamos as raízes de uma concepção educacional fragmentária, localizando-a na concepção cartesiana dicotômica entre corpo / mente e numa transposição para o campo educacional da concepção empirista de racionalidade científica. Entretanto, nossa argumentação reclama ainda aportes psicológicos para o tratamento das questões afetivas nas abordagens educacionais.

Apesar das pesquisas em educação utilizarem continuamente teses psicológicas, característica que chamamos anteriormente *psicologismo educacional*, os aspectos afetivos contidos nessas teses parecem ter sido desconsiderados nas pesquisas e práticas escolares. Consideramos importante uma aproximação às orientações psicológicas, principalmente àquelas mais preocupadas com a dimensão afetiva da construção / apreensão do conhecimento.

### **5.2.2 - A abordagem afetiva nas discussões psico-educativas**

Na psicologia educacional, assim como nos demais campos do conhecimento, são normalmente empreendidas análises que desconsideram ou minimizam a importância dos aspectos afetivos das relações escolares. Um exemplo desse tipo de abordagem é encontrada no trabalho de Jean Piaget (1896-1980). Por outro lado, psicólogos como Lev Vygotsky (1896-1934) e

Henri Wallon (1879-1962) apresentam em seus trabalhos pontos convergentes com uma abordagem globalizante entre afetividade e cognição.

Sem pretendermos realizar uma análise exaustiva dos trabalhos desses autores, procuraremos compilar o pensamento de cada um deles em relação à questão afetiva.

### **5.2.2.1 - Piaget e o juízo moral na criança**

Piaget é, sem dúvida, o autor que mais tem influenciado as discussões educacionais neste século, apesar de suas preocupações não convergirem diretamente para o campo educacional.

Poucas conexões podem ser estabelecidas entre o trabalho de Piaget em psicologia infantil e os aspectos afetivos que orientam nossa discussão neste capítulo. Entretanto, sua importância para a história educacional nos remete à influência que seu pensamento exerceu sobre as pesquisas posteriores envolvendo a relação entre afetividade e cognição

La Taille (1992) procura elucidar a relação entre Razão e afetividade no trabalho de Piaget, a partir das análises realizadas pelo biólogo em relação ao juízo e à ação moral na criança, na obra *Le Jugement Moral chez L'Enfant*, de 1932. Segundo o autor, Piaget nessa obra (que foge ao caráter geral de suas preocupações epistemológicas), “mostra como a evolução da inteligência permite organizar - sempre na área moral - o mundo afetivo; mas falta justamente a recíproca, ou seja, como a afetividade torna o respeito mútuo possível de ser seguido na prática” (La Taille, 1992, p. 72).

Piaget mantém em sua análise o caráter dicotômico clássico entre afetividade e Razão, optando por uma abordagem sobre a moral da criança. Uma moral que ele compreende intrinsecamente relacionada com as normas lógicas, de forma que “a lógica é uma moral do pensamento, como a moral é uma lógica em ação” (Piaget, 1977, p. 322 apud La Taille, 1992, p. 66).

O autor não considera de forma contundente o componente que compreendemos essencial à análise das relações escolares: a afetividade; nesse sentido, exerce grande influência

sobre os pesquisadores em educação e ciência, que raramente acenam com alguma preocupação ao nível da afetividade.

A obra na qual Piaget trata de questões afetivas parece não ter suscitado entre os pesquisadores em ensino de ciências a necessidade de implementação de pesquisas nesse campo.

### ***5.2.2 - Vygotsky e a construção da consciência***

Para Vygotsky as funções mentais (ou funções cognitivas) não podem ser compreendidas isoladamente; assim “...os produtos pelos quais o afeto e o intelecto se desenvolvem são inteiramente enraizados em suas inter-relações e influências mútuas” (Wertsch, 1990, p. 65 apud Oliveira, 1992, p. 76).

A concepção de Vygotsky converge com aquela, descrita anteriormente, segundo a qual não podemos estabelecer análises que separem as dimensões afetivas e racionais dos homens, procurando dessa forma, estabelecer uma abordagem globalizante.

O autor critica a psicologia tradicional por separar aspectos intelectuais e afetivos. Segundo ele, o pensamento tem origem no âmbito da motivação e inclui necessidades, interesses, impulsos, afetos e emoções.

Segundo Vygotsky, uma compreensão completa do pensamento humano só é possível quando se compreende sua base afetiva-volitiva.

“A sua separação (entre intelecto e afeto) enquanto objetos de estudo é uma das principais deficiências da psicologia tradicional, uma vez que esta apresenta o processo de pensamento como um fluxo autônomo de ‘pensamentos que pensam a si próprios’, dissociado da plenitude da vida, das necessidades e dos interesses pessoais, das inclinações e dos impulsos daquele que pensa. Esse pensamento dissociado deve ser considerado tanto um epifenômeno sem significado, incapaz de modificar qualquer coisa na vida ou na conduta da pessoa, como alguma espécie de força primeva a exercer influência sobre a vida pessoal, de um modo misterioso e inexplicável. Assim, fecham-se as portas à questão da causa e origem de nossos pensamentos, uma vez que a análise determinista exigiria o esclarecimento das forças motrizes que

dirigem o pensamento para esse ou aquele canal. Justamente por isso, a antiga abordagem impede qualquer estudo fecundo do processo inverso, ou seja, a influência do pensamento sobre o afeto e a volição.

A análise em unidades indica o caminho para a solução desses problemas de importância vital. Demonstra a existência de um sistema dinâmico de significados em que o afetivo e o intelectual se unem. Mostra que cada idéia contém uma atitude afetiva transmutada com relação ao fragmento da realidade ao qual se refere. Permite-nos ainda seguir a direção específica tomada por seus pensamentos, e o caminho inverso, a partir de seus pensamentos até o seu comportamento e a sua atividade” (Vygotsky, 1995, p. 6-7).

Vygotsky supera, dessa forma, o problema detectado por La Taille (1992) na obra de Piaget: como a afetividade dirige o comportamento e a atividade do indivíduo.

A afetividade não é entretanto, o foco central da discussão de Vygotsky, apesar de em seu pensamento estar explícita a importância das profundas conexões entre a dimensão cognitiva e afetiva do funcionamento psicológico do homem.

Oliveira (1992) procura estabelecer conexões entre as noções centrais do pensamento de Vygotsky e o tema da afetividade, através de algumas noções básicas propostas pelo psicólogo.

A abordagem vygotskyana relativa ao processo de formação da consciência nos fornece pistas importantes para a relação entre cognição e afetividade. Para Vygotsky (1994), a consciência é a organização objetivamente observável do comportamento, que é imposta ao indivíduo através da sua participação sócio-cultural, e se forma como um processo de internalização (do interpsicológico para o intrapsicológico) que é regulado por fatores sociais, lingüísticos, afetivos.

Assim, a consciência é “constituída por uma inter-relação dinâmica, e em transformação ao longo do desenvolvimento, entre intelecto e afeto, atividade no mundo e representação simbólica, controle dos próprios processos psicológicos, subjetividade e interação social” (Oliveira, 1992, p. 79). Uma consciência que guia as decisões e posturas dos indivíduos, na medida em que ele age no/com o mundo.

### 5.2.2.3 - Wallon: o desenvolvimento a partir das construções afetivas

Em Wallon, como em Vygotsky, é uma interpretação marxista que define a base epistemológica das questões relativas ao desenvolvimento emocional, cognitivo e social. Os dois psicólogos convergem ainda na forma integralizadora do tratamento dialético, conferido aos aspectos afetivos e intelectuais; porém, em Wallon a dimensão afetiva ocupa lugar central, ao considerar “a criança como social desde o seu nascimento e proclamar os processos afetivos como anteriores a quaisquer outros tipos de comportamentos” (Vasconcellos e Valsiner, 1995, p. 40).

Para Wallon a emoção constitui a base inicial da formação da consciência do indivíduo, é através da emoção que a criança adquire seqüências de ações diferenciadas e instrumentos intelectuais capazes de ir construindo sua diferenciação e compreensão de si mesma e dos outros sociais.

Assim, os aspectos afetivos determinam a direção do processo de desenvolvimento, de forma que toda ação interativa é efetivamente determinada. Wallon representa, a comunicação da criança, antes do aparecimento da linguagem como uma ação tônica, um *diálogo tônico* ou *motricidade emocional*. Assim, a atividade emocional é complexa e paradoxal: “ela é simultaneamente social e biológica em sua natureza” (Dantas, 1992, p. 85).

Suas teses neurobiológicas, discutidas por Dantas (1992) correspondem a uma perspectiva antiga e dicotômica superada pela abordagem que utilizamos através do trabalho de Damásio (1996). Entretanto, os *insights* fornecidos a respeito da função organizadora da emoção e de seu caráter interpessoal são muito atuais.

Wallon, reconhece que a emoção é o elemento medidor das relações sociais, é a emoção que estabelece vínculos entre o meio (físico e social) e o homem, através de um processo contínuo e interdependente. Assim, a emoção é uma função organizadora de desenvolvimento do indivíduo.

### **5.2.3 - Uma orientação psicológica**

Nosso rápido olhar sobre algumas orientações psicológicas, reforçam a idéia da importância da análise da dimensão afetiva, na abordagem das pesquisas em ensino de ciências, principalmente se nos conectamos ao pensamento de Vygotsky e Wallon.

Uma análise educacional sob o prisma desses dois autores toma novo significado, as conseqüências que vislumbramos remetem à compreensão de que na interação social as relações são regradas e orientadas por fatores afetivos. São os “gostos” e “desgostos” que vão estruturando e reestruturando nossas relações com o mundo circundante.

As ações e posturas educacionais devem assumir nova significação ao compreendermos que a ação positiva oferece mais possibilidade afetivas e (consequentemente) racionais. Essas ações devem ser revestidas de uma carga afetivo- volitiva que possibilite relações educativas- sociais onde a carga de autoritarismo (odiado e combatido) e a carga de indiferença com as peculiaridades humanas (dificuldades, preferências , habilidades) muitas vezes excessivamente presentes nas aulas de ciências, sejam minimizadas.

Assim, a emoção é uma das forças que dirigem nosso pensamento para esse ou aquele canal, e os profissionais envolvidos no ensino de ciências devem estar atentos para essas questões.

Entretanto, essa análise psico-afetiva, imprescindível à abordagem educacional parece não ter produzido muito impacto sobre a prática ou a pesquisa em ensino de ciências. Os aspectos da afetividade são normalmente tratados nessas pesquisas como uma questão de motivação para a realização das tarefas escolares. Não há uma preocupação em analisar o processo afetivo como inteiramente enraizado nas inter-relações e influências mútuas entre os agentes do ato educacional.

Acreditamos, no entanto, que por mais impessoais e estéreis que se tornem as relações escolares, os homens e mulheres envolvidos na comunidade escolar produzem e expressam afetos e desafetos; possivelmente, grande parte dos problemas vividos no ensino de ciências têm origem nessa instância ou no descaso com tais fatores.

Para que o leitor possa compreender o tratamento dado à questão afetiva nas pesquisas em ensino de ciências, procuraremos estabelecer uma aproximação a algumas pesquisas realizadas.

### ***5.3 - Pesquisas em ensino de ciências envolvendo a questão da afetividade***

Vários pesquisadores no campo da psicologia procuraram, a partir dos anos 50, estabelecer relações entre o domínio afetivo e o ensino. As pesquisas apontam que o “comportamento dos estudantes é influenciado pelos valores que eles possuem, sua motivação, as crenças que eles trazem para a sala de aula e a miríade de posturas que eles têm formadas sobre a escola, a ciência e a vida em geral” (Simpson et al., 1994, p. 211).

São essas atitudes, valores, crenças, opiniões, motivações que se constituem os ingredientes essenciais do domínio afetivo que são discutidos nos trabalhos envolvendo a dimensão afetiva do ensino.

No entanto, uma revisão das pesquisas educacionais, mostra que há uma tendência no campo da educação e ciência, em centrar a discussão sobre os aspectos motivacionais da aprendizagem de conteúdos científicos, deixando em segundo plano questões como cultura, formação religiosa, etc.

A tradição de uma visão asséptica para a ciência e para o ensino de ciências parece dificultar um aprofundamento das análises dos pesquisadores em relação à afetividade. Assim, os trabalhos realizados no campo tendem a girar em torno dos instrumentos teóricos comumente utilizados pelos pesquisadores (o cognitivismo e a mudança conceitual) e tratam dos aspectos mais facilmente observáveis dos comportamentos afetivos ( motivações e interesses).

Pintrich et al. (1993) reconhecem que as pesquisas no campo da educação e ciência envolvendo a afetividade tendem a uma simplificação. Os autores propõem uma discussão das diferenças individuais nas motivações e crenças, como fatores que podem contribuir para a aprendizagem de ciências e analisam as abordagens que procuram identificar as falhas na apropriação do conhecimento e vinculá-las a fatores cognitivos como automatização,



decodificação, processos metacognitivos e de auto-regulação, motivação, fatores contextuais e, ainda, construções individuais (objetivos, intenções, propostas, expectativas e necessidades).

Vejamos algumas das abordagens propostas:

### **5.3.1 - A mudança conceitual e a questão da motivação**

Não faz parte da tradição de pesquisa em *mudança conceitual* a preocupação com os aspectos motivacionais intervenientes na ensino-aprendizagem de ciências. Os pesquisadores nesse campo centram seus esforços sobre o conteúdo do conhecimento e na manutenção do sistema educacional que possibilite uma aprendizagem “eficaz” aos estudantes (Lee e Anderson, 1993) - através substituição de concepções espontâneas por conceitos científicos.

Por outro lado, as pesquisas sobre *questões de motivação* têm discutido que muitos estudantes fracassam em realizar produtivamente uma tarefa por razões relacionadas à percepção, crenças e efeitos de sua própria relação com estas tarefas.

Recentemente, alguns pesquisadores, têm procurado estabelecer uma integração entre estes dois campos de pesquisa. Nesse sentido, Lee e Anderson (1993) procuram uma integração entre aprendizagem / cognição e motivação / sentimento em sala de aula, considerando a aprendizagem por mudança conceitual sob uma perspectiva motivacional e afetiva; examinando as relações entre orientação motivacional e estratégias de aprendizagem, auto-regulação da aprendizagem ou influências da motivação sobre a cognição.

Segundo os pesquisadores, esta abordagem tem proporcionado a compreensão dos vários fatores cognitivos, motivacionais e afetivos intervenientes quando um estudante realiza um trabalho acadêmico na sala de aula.

Lee e Anderson (1993), procuram determinar a profundidade do envolvimento individual do estudante na realização das tarefas acadêmicas e como os fatores cognitivos, motivacional e afetivo influenciam a qualidade do envolvimento do estudante na realização da tarefa. Os autores consideram que um estudante é motivado para a aprendizagem de ciências quando “comprometem-se nas tarefas das aulas de ciências com o objetivo de realizar compreensões

científicas, como ele se esforça para integrar seu conhecimento pessoal com o conhecimento científico e aplicar o conhecimento científico para descrever, explicar, prever e controlar o mundo ao seu redor” (Idem, p. 590).

São considerados na análise do comprometimento do estudante, categorias como: auto-iniciativa de *envolvimento cognitivo* na escolha da tarefa; *nível de envolvimento cognitivo* na realização da tarefa e *comportamento engajado*, refletido através da disposição do estudante para persistir na realização da tarefa. Estas categorias são utilizadas em outros trabalhos, como em Pintrich et al. (1993).

Os resultados obtidos por Lee e Anderson (1993) mostram diferentes objetivos e diferentes níveis de engajamento dos estudantes na realização das tarefas.

Os autores concluem que os fatores motivacionais e afetivos incluem as agendas pessoais e as orientações que os estudantes trazem consigo para as aulas de ciências, certamente influenciadas por questões culturais.

Assim, para que o processo de motivação se efetive no aluno é necessário que cada aluno reconcilie sua agenda pessoal com os valores da ciência, do professor e da escola; cada estudante deve montar seu próprio sentido de dignidade e de valor próprio.

O estudante se compromete em um processo “sustentado e inconsciente de negociação, identificação ou negação na sala de aula” (Idem, p.605). Alguns estudantes se adequam às agendas do ensino de ciências e mostram um comportamento engajado. Entretanto, em alguns estudantes a discrepância entre as agendas pessoais e as científicas é tão grande que adotar os objetivos do professor pode ameaçar seu valor próprio. Estes estudantes desenvolvem estratégias para manter suas agendas pessoais e proteger seu valor próprio .

Os pesquisadores consideram que “eventualmente, o sucesso do ensino de ciências pode depender do estabelecimento de um tipo de “contrato social” (*social bonding*) no qual professores e currículo se acomodem às agendas dos estudantes, necessidade e formação sócio-cultural que permitam aos estudante a identificação dos objetivos das aulas de ciências para si próprios” (Idem, p. 606)

Os resultados obtidos pelos pesquisadores sugerem que é necessário considerar questões sociais, culturais e raciais no ensino-aprendizagem de ciências, na medida em que “estas questões incluem a resistência ativa de alguns estudantes para a supremacia cultural (*mainstream culture*) da comunidade científica” (Idem, *ibidem*).

Entretanto os autores não aprofundam a discussão das questões culturais envolvidas na motivação dos estudantes

### 5.3.2 - Outros ingredientes do domínio afetivo

Uma análise que procura identificar um leque maior de fatores afetivos do ensino de ciências foi realizada por Simpson et al. (1994). Os autores incluem no domínio afetivo alguns construtos como atitudes, crenças, posturas, opiniões e motivação.

Os autores compreendem que as atitudes ou sentimentos sobre a ciência são muito importantes, pois determinam as reações positivas ou negativas das pessoas em relação ao empreendimento científico. As atitudes são incluídas nas categorias: “sentimentos específicos em relação à ciência”, “motivação para realizar as tarefas na ciência”, “atitudes de ansiedade”, “posturas em relação ao professor de ciências” e “atitudes em relação ao currículo” (livros, conteúdos, atividades) de ciências (Idem, p.213).

Simpson et al. (1994) apontam ainda outras dimensões afetivas em relação ao ensino aprendizagem de ciências:

- *Auto conceito* - pode ser a mais importante variável no processo da educação, o conceito próprio como incapaz ou rejeitado socialmente tem influências sobre os estudantes, principalmente na adolescência.
- *Controle do destino* - algumas pessoas acreditam que suas necessidades influenciam o que lhes acontece, elas têm portanto o controle do sucesso na realização de uma tarefa.
- *Formação Cultural* - os valores culturais e sistemas de crenças individuais influenciam o comportamento das pessoas e estudantes. Assim, um programa escolar pode ser conflitivo com a herança cultural das pessoas e alienar os estudantes de seus pares escolares e de sua família. Nesse domínio incluem-se também as variáveis demográficas como localização geográfica e *status* sócio-econômico, que orientam muitas vezes as formas de ver a relação do homem com a natureza.
- *Sistema de crenças* - influencia como as pessoas aprendem, desenvolvem novas habilidades, enfrentam uma situação de pressão, e se relacionam com outras pessoas. São quatro as categorias de crenças (Simpson et al., 1994, p. 214): *i*) as pessoas são caracterizadas por uma grande crença no supernaturalismo, têm uma concepção positiva sobre a tradição e a

autoridade (têm crenças rígidas sobre o mundo ao seu redor); *ii*) outras, por outro lado, têm atitudes negativas em relação à tradição e autoridade; *iii*) algumas pessoas põem ênfase sobre amizade, harmonia interpessoal e relações de dependência; *iv*) há ainda aquelas pessoas mais abstratas e de mente aberta - eles tendem a ser criativos, flexíveis, pragmáticos e utilitaristas no seu estilo de resolver problemas;

- *Valores sociais da ciência* - que podem ter natureza utilitarista ou serem instrumentos para se alcançar os valores utilitários da ciência;
- *Questões raciais e de gênero* - mulheres e negros têm “menos motivações” para as atividades das ciências e essa característica está vinculada, na análise dos autores, à imagem que a escola reproduz da ciência. Os resultados de pesquisa de Meece e Jones (1996) mostram que as diferenças de gênero na motivação para aprender ciências são mais complexas que as pesquisas demonstram. As garotas são menos motivadas para aprender ciências que seus pares homens, elas descrevem as aulas de ciências como “chatas” e “compostas de fatos para memorizar” (Idem, p.401).

Certamente, os pontos levantados por Simpson et al. (1994) são muito relevantes, entretanto a análise dos autores recaem sobretudo nos aspectos subjetivos de uma abordagem afetiva.

A dimensão afetiva como um mecanismo de construção (ou desconstrução) de conhecimentos entre os sujeitos sociais não é tocada na análise dos autores. Assim, os afetos e desafetos se manifestam na aproximação com o conhecimento científico, mas falta a discussão sobre como a aproximação do conhecimento científico causa afetos e desafetos, ou como eles surgem durante o processo de escolarização.

É a análise de uma inter-relação dinâmica que nos atrai e que compreendemos mais necessária à abordagem educacional.

Nossas ressalvas às pesquisas, não têm o objetivo de classificá-las como impróprias, apenas consideramos que uma abordagem educacional que pretenda analisar a dimensão afetiva em sala de aula deve contar com os ingredientes que surgem das relações entre os professores, o conhecimento, os alunos e os demais funcionários da escola.

#### **5.4 - A Afetividade nas Relações que Perpassam o Ensino de Ciências**

Até o momento, a discussão neste capítulo foi orientada no sentido de desmistificar, através de argumentações de diversas naturezas as relações clássicas estabelecidas entre a afetividade e a Razão. Utilizando aportes da literatura, filosofia, neurobiologia e psicologia procuramos levantar argumentos em favor de uma abordagem educacional preocupada com os fatores afetivos das relações escolares.

Na tentativa de compreendermos as várias dimensões da afetividade manifesta no ensino, revisamos as preocupações das pesquisas envolvendo o ensino e a afetividade. Das abordagens psicológicas de Vygotsky e Wallon abstraímos um componente essencial: *de forma que tanto a construção da consciência e intelecto humanos são orientados por processos afetivos, como a maneira de ser e estar no mundo de cada indivíduo é construída na inter-relação com os outros sociais, a partir de um processo em grande parte negociado afetivamente.*

Ao compararmos as pesquisas em ensino de ciências sobre a questão da afetividade e esse componente essencial do pensamento de Vygotsky e Wallon, detectamos uma grande dissonância. As pesquisas analisam de forma pontual e subjetiva os aspectos afetivos; as construções afetivas tornam-se puramente idiossincráticas e perdem o caráter de elemento mediador das relações humanas e também educacionais.

É esse elemento mediador que compreendemos necessário à abordagem educacional, as relações sociais e educacionais são intrinsecamente dependentes do estabelecimento de relações afetivas. Uma escola (e um ensino) que pretenda contribuir para a formação integral do estudante deve estar atenta à sua dimensão social, como uma comunidade organizada com regras e espaços comunitários, onde relações afetivas se estabelecem espontaneamente, para o melhor ou para o pior da aprendizagem.

Assim, nossa argumentação final procurará apontar alguns aspectos dessa dimensão afetiva interpessoal entre os sujeitos do ensino de ciências.

### ***A relação afetiva estabelecida entre o indivíduo e o conhecimento***

Com efeito, o conhecimento científico é na atualidade uma das mais poderosas culturas da humanidade, ela invade nosso cotidiano principalmente através do conhecimento tecnológico que possibilitou. A força desse conhecimento é tamanha que tem transformado várias facetas culturais de diversas sociedades (Japão e China são os estereótipos dessas transformações) e sobre ela depositamos muitas de nossas expectativas e esperanças de uma melhor qualidade de vida. Assim, apreender essa cultura científica é abrir possibilidades de elevação do *status* intelectual, de ascensão social e, quase sempre, melhoria do nível econômico.

Essa seria a primeira instância afetiva relacionada ao conhecimento científico: a possibilidade de transformação da realidade sócio-econômica, principalmente numa sociedade onde as desigualdades são revoltantes. Entretanto, nessa instância, grandes dificuldades assumem um caráter de uma carga inercial e muitos de nossos alunos vêem esse conhecimento como um valor inatingível.

Nesse sentido cabe ao professor estar atento a conferir o devido valor ao conhecimento das ciências, na medida de seu valor cultural e tecnológico, que não produziu respostas para todos os problemas e que, portanto, não transformará como num passe de mágica nossa realidade imediata.

Fornecer ao aluno uma imagem do conhecimento científico como “supremo” é fomentar nos estudantes posturas incrédulas (de quem sabe que a ciência não responde tudo), incapazes (de quem se sente muito aquém de tamanha magnitude) ou revoltadas (de quem luta contra uma autoridade da qual a ciência se revestiu), que em nada podem contribuir para a efetividade da segunda instância afetiva, que discutiremos a seguir.

Na segunda instância afetiva em relação ao conhecimento científico enquadraremos o sentimento primordialmente humano de desejo e satisfação na busca do conhecimento, um desejo até certo ponto egocêntrico, que tem impulsionado homens e mulheres em aventuras pitorescas, desde os longos debates dos filósofos gregos até a viagem à lua ou a primeira inseminação artificial humana.

O sentimento do saber confere poder àquele que conhece e conecta-o à dimensão humana que não sofreu grandes retrocessos na história, a despeito de outros sentimentos como respeito ao outro, o amor, etc.

Essa é a instância mais multifacetada das relações afetivas na escola pois conta não apenas com a intervenção do incentivo familiar, das contribuições da *mídia*, como principalmente da mediação executada pelo professor, a quem cabe o papel de acender a centelha da “paixão pelo conhecer” em cada aluno, que são homens e mulheres e que portanto são potencialmente “sujeitos conhecedores”.

É a relação afetiva entre o indivíduo e o conhecimento uma grande impulsionadora de carreiras científicas e da formação dos “curiosos natos”, eternamente sedentos por novos conhecimentos

#### ***A sala de aula como espaço coletivo de aprendizagem***

A abordagem das pesquisas em ensino de ciências e principalmente o diálogo (monólogo?) do professor nas salas de aula pretendem atingir o indivíduo em sua plena individualidade corporal e não como entidade social inserida na micro-sociedade instituída nas salas de aula. Esse tipo de aproximação ao ambiente das salas desconsidera que naquele ambiente social as relações são regidas por interesses, afetos e desafetos. Ali existem regras de convivência, relações de liderança e controle (intelectual e social), competições, simpatias e antipatias mútuas, que normalmente passam despercebidas pelo olhar não muito atento do professor.

No entanto, estas relações entre os pares podem ser determinantes na condução do clima da aula e na definição das estratégias de análise do conhecimento científico, que também é um conhecimento originalmente coletivo e permeado por algumas características afetivas da comunidade escolar.

É o espaço escolar coletivo que orienta o estabelecimento dos valores éticos, políticos e estéticos que regem as ações individuais e grupais dos alunos. A dimensão ética dos valores desenvolvidos nas salas de aula referem-se às ações sob o ângulo da dignidade individual da pessoa frente a um grupo social que respalda ou não suas ações; a medida e as características



desse respaldo determinarão os valores políticos e, portanto, de poder aceitos consensualmente entre os membros do grupo; os valores estéticos, por outro lado, levam em conta a sensibilidade estética dos indivíduos.

Não são raras as vezes, para a surpresa dos professores, que essas “sociedade” tomam alma própria e reproduzem facetas não “muito desejáveis” da sociedade *macro*, como a formação das “tribos” cujo poder sobre os colegas é maior do que o poder do professor. A administração dessas lideranças pode contribuir para os fins educativos, não há quem duvide que a liderança é a manifestação de uma grande inteligência, que necessita entretanto de um suporte ético, para o bem de todos.

Numa escola que vise a formação integral do estudante as preocupações com a construção de relações sociais saudáveis é um fim imprescindível.

#### ***As relações afetivas do indivíduo com a comunidade escolar***

Uma abordagem socializadora da sala de aula que não considere o indivíduo administrando sua individuação na comunidade escolar é um sociologismo inócuo.

Nas palavras de Severino (1993, p. 13) “o que se tem muito claro hoje é que a existência / essência humana é fundamentalmente uma prática enquanto tal, se trata necessariamente de um processo que só pode se desdobrar num espaço social e num tempo histórico. Trata-se sempre, essencialmente e em definitivo, de uma prática histórico-social”.

Prática que se materializa nas mediações entre o indivíduo e a coletividade. Assim, ainda que pareça paradoxal, é no processo de construção do sentimento de individualidade que a pessoa se reconhece como um ser social, nesse sentido, as negociações e mediações estabelecidas entre o indivíduo e o coletivo são intensas e fundamentalmente importantes para a análise educacional.

Nas salas de aula esse processo de mediação é mais facilmente percebido na capacidade que os indivíduos desenvolvem de se inserir com maior ou menor facilidade em um grupo, de executar tarefas grupalmente ou ainda de seguir regras preestabelecidas pelo grupo.

Efetivamente essas capacidades estão intrinsecamente relacionadas com os aspectos subjetivos que discutimos na seção 5.3.2, principalmente aspectos como auto-respeito e valor próprio, que podem ser trabalhados no sentido de uma otimização nas atividades escolares.

Se reconhecemos que uma das funções da escola é preparar o indivíduo para o exercício pleno de seus direitos e deveres sociais, não podemos nos eximir da responsabilidade de possibilitar a ele o exercício sua individualidade, através desses direitos e deveres dentro da escola.

### ***As relações afetivas entre professor e estudante***

Tocaremos agora no aspecto mais delicado das relações escolares, aquele estabelecido através da relação professor / aluno, onde estão refletidas não apenas relações indivíduo / indivíduo, mas o professor é também autoridade, conhecimento e poder. Assim, a capacidade de administrar a autoridade e o poder conferido pelo conhecimento e pela estrutura de funcionamento da escola são aspectos afetivos fundamentais do ensino - aprendizagem.

A categoria do professor-indivíduo envolve todos os aspectos relacionados com os meandros afetivos entre o indivíduo e o conhecimento, e o indivíduo e a comunidade escolar; sob esse ponto de vista ele é mais um agente na micro-sociedade-escola e está sujeito a toda a carga de afetos e desafetos pessoais e profissionais. A administração dessa dimensão afetiva depende não apenas de sua formação profissional como sua formação humana. Não são raros os casos em que profissionais exímios são estereotipados como pessoas antipáticas, difíceis ou insensíveis; e certamente uma título social dessa espécie não tem nenhum valor educativo, a não ser como um contra exemplo escarnecedor.

A categoria de professor-poder tem duas dimensões: a dimensão de poder conferido pelo *saber* e pela *estrutura escolar*. A primeira é um aspecto que depende de seu *status* no grupo, como um indivíduo de apreço - um líder, e do respeito que conquistou pelo seu conhecimento na área de estudo e na vida em geral. A segunda é determinante de sua relação com os alunos e com o sentimento de autoridade. Um professor respaldado institucionalmente tem o poder da “nota”, da permanência ou não do aluno no grupo.

A categoria de professor-conhecedor é a mais fascinante, pois é ela que permite que o aluno “deixe-se levar pela mão” por um mestre que já conhece quais caminhos trilhar. Essa condução através da cultura científica é sutilmente mais abrangente que uma mediação cultural, pois envolve uma confiança e uma entrega verificável apenas nas orientações de um *guru*. Pode parecer romantismo dos apaixonados pela educação, mas quantos de nós não nos deixamos embriagar pelo discurso envolvente, quase profético de um profissional *sábio* - em toda amplitude do termo?

Essas dimensões afetivas das relações escolares não podem, entretanto, serem isoladas pois elas só têm vida na inter-relação. De forma que ninguém é indivíduo sem estar na sociedade, ser professor sem ser indivíduo-conhecedor-poder, ser aluno sem ser indivíduo-cidadão. Lidar como esse sistema de variáveis, que não se permitem isolar, se constitui uma dificuldade da pesquisa envolvendo a afetividade no ensino de ciências.

Estamos acostumados com uma ciência que, na maioria das vezes, isola para compreender. Como lidar com um objeto que não se permite isolar sem um grande prejuízo e reducionismo? Certamente não temos como responder esta questão, mas o desafio está posto, aliás está posto desde o primeiro homem pensante e muito antes de Descartes ter descoberto que o homem pensava.

Assim, as dimensões afetivas que apontamos nesta seção não foram ainda pesquisadas de forma sistemática dentro do ensino de ciências e, portanto, estabelecer abordagens e tratamentos para estas questões é uma tarefa que reclama trabalho, mas para o qual ainda não estamos prontos. Essa travessia é inédita e deverá constituir-se o objeto de nosso próximo trabalho.

## Considerações Finais

Nossa caminhada na elaboração deste texto possibilitou-nos a oportunidade de uma reflexão mais cuidadosa no sentido de elucidar as várias características da pesquisa em ensino de ciências, bem como dos rumos mais promissores para o campo.

Certamente nossas pretensões são ambiciosas para o âmbito de uma dissertação de mestrado, entretanto, consideramos essencial uma certa dose de ousadia para driblar o vício no velho e instalar novas perspectivas de análise, principalmente quando as antigas abordagens já não correspondem às expectativas dos pesquisadores

É uma contundente insatisfação com as análises construtivistas em ensino de ciências que têm levado vários autores a proclamarem a falência dessa abordagem, mesmo assim, compreendemos que o fato do construtivismo educacional reclamar transformações urgentes não significa o seu fim.

O construtivismo no ensino de ciências veio romper com a visão behaviorista, se apresentando como uma perspectiva aberta, onde as diferenças são possíveis e desejáveis para o progresso do conhecimento. Em vários sentidos o construtivismo implementado na educação e ciência poderia ser comparado ao pós-modernismo e sua manifestação na arquitetura, na cultura, etc. no sentido de uma “irrupção de diversas possibilidades”, da “apreensão do sentido de uma realidade complexa”; da possibilidade de “realidades radicalmente diferentes coexistirem e se interpenetrarem” e principalmente por uma “profunda mudança na estrutura do sentimento” em relação ao ensino. (*ver Harvey, 1993, p. 45-67*)

Uma abordagem que permitiu a aproximação com aspectos antes relegados ao esquecimento, como o fato das pessoas construírem concepções ou explicações para os fenômenos independentemente do processo de escolarização e que as representações dos alunos e professores são, muitas vezes, diferentes das elaboradas pela ciência.

Entretanto, quando se tratou de implementar atividades, em sala de aula, que considerassem essas concepções, o construtivismo na educação e ciência tendeu ao reducionismo

de uma abordagem meramente cognitivista, desconsiderando os aspectos sócio-culturais da construção e apreensão do conhecimento.

Assim, o construtivismo e sua abrangência teórica inicial foi reduzida a atividades que não contemplam uma dimensão construtiva do conhecer humano. Foram poucos os autores construtivistas em educação e ciência que se voltaram para os interesses socializantes e interacionistas, capazes de superar a análise comportamentalista e individualista do behaviorismo.

Como uma saída para os problemas diagnosticados apresentamos a abordagem vygotskyana que capacita-nos a compreender as concepções dos estudantes não apenas como o produto das construções individuais, mas também como representações culturais influenciadas pelas relações sociais e construções linguísticas.

Sob o prisma de uma abordagem não exclusivamente cognitivista, as concepções dos estudantes pesquisadas dentro do MCA teriam uma nova significação, métodos de pesquisa e tratamentos deveriam ser remodelados.

Como vêm sendo realizadas, as pesquisas do MCA tendem à sumarização das concepções dos estudantes para os tópicos específicos dos conteúdos das ciências, e não consideração dos aspectos axiológicos do ato educativo.

Uma revisão do MCA caracteriza-o como o produto mais evidente do pensamento construtivista no ensino de ciências. Um movimento que surge como uma reação ao trabalho piagetiano envolvendo as concepções das crianças e adolescentes; mas que não obteve resultados de pesquisa muitos diferentes daqueles obtidos pelo grupo de pesquisadores piagetianos.

O grande mérito do MCA, foi ter popularizado entre os pesquisadores as premissas construtivistas e ter contribuído para o estabelecimento e fortalecimento da Educação e Ciência como um campo de pesquisa autônomo, com um corpo de preocupações e conhecimentos próprios.

Por outro lado, o MCA promoveu também a compreensão de que são necessárias transformações na organização e desenvolvimento curricular de ciências, que permitam uma abordagem mais construtiva para os conteúdos científicos. Utilizando não somente as

características diagnosticadas nas concepções dos estudantes como também elementos da história da ciência o MCA forneceu um impulso para a utilização da história no ensino de ciência.

Os pesquisadores do MCA, reconhecem a necessidade e começam a pesquisa sobre as concepções dos professores e a formulação de programas de capacitação profissional capazes de habilitar os professores ao trabalho com as concepções dos estudantes.

Deve-se ainda ao MCA, a elaboração de um número significativo de propostas educacionais visando a implementação do modelo construtivista de ensino-aprendizagem nas salas de aula. Dentre as estratégias propostas, o modelo de mudança conceitual de Posner et al. (1982) foi, sem dúvida, o mais utilizado nas pesquisas em educação e ciência nas últimas décadas.

Ao debruçarmo-nos sobre esse modelo no Capítulo 3 desta dissertação, identificamos várias fraquezas de natureza epistemológica e psicológica, que nos capacitam a caracterizar o modelo de Posner et al. (1982) como ultrapassado e incapaz de corresponder aos anseios dos pesquisadores vanguardistas em ensino de ciência nos anos 90.

Nossas considerações não têm o objetivo sumário de colocar o modelo de Posner et al. (1982) no banco dos réus, mas utilizá-lo como um “andaime” que apesar de (ou pela) sua fragilidade possibilitou que outros modelos fossem construídos e superassem em vários aspectos as deficiências iniciais.

Obviamente estamos nos referindo às abordagens analisadas no Capítulo 4 e ao salto qualitativo que forneceram à pesquisa em ensino de ciências.

Em um plano mais profundo, os trabalhos analisados nos fornecem subsídios para a compreensão das diferenças entre a “pedagogia de evolução conceitual” e a “pedagogia de mudança conceitual”. Nesse âmbito, nossa argumentação foi bastante tendenciosa em favor da abordagem de evolução conceitual, por considerarmos que os modelos evolucionistas são significativamente mais construtivistas (ou construtivos) que a perspectivas da mudança conceitual.

O aspecto que não vimos contemplado nas abordagens analisadas foi o objetivo de discussão do quinto capítulo: a afetividade manifesta nas relações escolares. Uma afetividade que não é o único aspecto das relações escolares, nem o sustentáculo do ensino de ciências mas é,

entretanto, fundamental para uma abordagem educativa preocupada com a formação integral do indivíduo.

Um indivíduo com corpo-mente que se relaciona e aprende a ser indivíduo num processo histórico-social através das mediações afetivas.

Compreendemos, assim que

*Aquele que, na explicação dos organismos, deixa de lado a alma e o laço misterioso entre ela e o corpo, não chegará longe. Vida, talvez, não seja outra coisa senão o resultado dessa união - a ação deste toque.*

NOVALIS

Não tivemos a pretensão de apontar respostas para as pesquisas educacionais, entretanto procuramos levantar a “lebre” que deverá ser abatida numa próxima caçada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIB, M.L.V.S. O Construtivismo na formação do professor de física; uma investigação sobre Mudança Conceitual na prática de ensino. In: 3ª ESCOLA DE VERÃO DE PRÁTICA DE ENSINO DE FÍSICA, QUÍMICA E BIOLOGIA, Serra Negra, *Anais...* SP. Outubro, 1994.
- AGUIRRE, J. e ERICKSON, G. Students' Conceptions about the vector characteristics of three physics concepts. *Journal of Research in Science Teaching*. v.21, n.5, p.439-457, 1984 citado em DRIVER, R. Psicología Cognoscitiva y Esquemas Conceptuales de los Alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, v.4, n.1, p. 3-15, 1986.
- APPLE, M.W. *Ideologia e Currículo*. São Paulo: Brasiliense, 1982.
- ARCÁ, M. e CARAVITA, S. Le Constructivisme ne Résout pas tous les Problèmes. *Revue Aster - Modèles pédagogiques* 1, Paris: INRP, n.16, p. 77-101, 1993.
- AUSUBEL, D.P. *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York: Holtand Winston Inc.,1968 citado em MOREIRA, M.A. e MASINI, E. A. Teoria da Aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização de ensino. Versão Preliminar do Seminário de Aprendizagem e Ensino ao Nível de Escola Superior, Campinas, dezembro, 1978 (Datilografado).
- BACHELARD, G. *A Filosofia do Não*. 4. ed. Lisboa: Editorial Presença, s/d. Original em francês *La Philosophie du Non*.by G. C. Waterston, 1940.
- BACHELARD, G. *La Psychanalyse du feu*. Paris: Gallimard, 1949.
- BACHELARD, G. *La Formación del Espíritu Científico*. 19. ed. México: Siglo Veintiuno, 1993.
- BANNISTER, D. e FRANSELLA, F. *Inquiring Man - The Psychology of personal constructs*. New Zealand: Pinguin Books, 1980.



- BARTLETT, F.C. *Remembering*. Cambridge: Cambridge University Press, 1932 citado em GARDNER, H. *A Nova Ciência da Mente: Uma História da Revolução Cognitiva*. São Paulo: Edusp, 1995.
- BERNAM, M. *Tudo que é sólido Desmancha no ar: a aventura da modernidade*. São paulo: Companhia das Letras , 1986.
- BRUNER, J.S. *The Process of Education*. New York: Random House, 1963.
- BROWN, D.E. Facilitanting conceptual change using analogies and expalnatory models. *International Journal of Science Education*, v.16, n.2, p. 201-214, 1994.
- BROWN, D.E. e CLEMENT, J. Overcoming misconceptions by analogical reasoning: abstract transfer versus explanatory model construction. *International Science*, v.18, p. 237-261, 1989
- CACHAPUZ, A. Ensino deas Ciências e Mudança Conceitual Estratégias Inovadoras de Formação de Professores. *Inovação*, Lisboa, n. 6, p. 47-54, 1993.
- CASONATO, O. J. Tendências Atuais do Construtivismo no Ensino de Ciências. In: 3ª ESCOLA DE VERÃO DE PRÁTICA DE ENSINO DE FÍSICA, QUÍMICA E BIOLOGIA, Serra Negra, *Anais...* SP. Out., 1994, p. 1-19.
- CHALMERS, A.F. *O Que é Ciência, Afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CHANGEUX, J-P. Une thèse avec Jacques Monod: préhistoire des portéines allostériques. In: HOMMAGE À JACQUES MONOD. LES ORIGINES DE LA BIOLOGIA MOLÉCULAIRE. Paris-Montréal: Etudes Vivantes, 1980 citado em CASONATO, O. J. Tendências Atuais do Construtivismo no Ensino de Ciências. In: 3ª ESCOLA DE VERÃO DE PRÁTICA DE ENSINO DE FÍSICA, QUÍMICA E BIOLOGIA, Serra Negra, *Anais...* SP. Out., 1994, p. 1-19.
- CHI, M.T.H. Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. in R. Giere (Ed.). *Cognitive models of Science: Minnesota Studies in the philosophy of Science*. Minnesota: University of Minnesota Press, 1991

- citado em MORTIMER, E.F. *Evolução do Atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. São Paulo: FEUSP, Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1994a.
- CLEMENT, J. Student alternative conceptions in mechanics: a coherent system of reconceptions. In: HELM, H. e NOVAK, J. (Eds.) PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SEMINAR 'MISCONCEPTIONS IN SCIENCE AND MATHEMATICS', Itaca, New York, Cornell University, 1982, citado em DRIVER, R. Psicología Cognoscitiva y Esquemas Conceptuales de los Alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, v.4, n.1, p. 3-15, 1986.
- CLEMENT, J., BROWN, D. e ZIETSMAN, A. Not all preconceptions are misconceptions: finding anchoring conceptions' for grounding instruction on students' intuitions. *International Journal of Science Education*, v.11, n.5, p. 554-565, 1989.
- COSGROVE, M. e OSBORNE, R. Lesson Frameworks for Changing Children's Ideas. In: OSBORNE, R. e FREYBERG, P. Learning in science: the implications of children's science, 1985 citado em SCOTT, P., ASOKO, M. e DRIVER, R. Teaching for conceptual change: A review of strategies. In DUIT, R., GOLDBERG, H., NIEDDERER, H. (Eds). *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. University of Bremen, 1991, p. 310-329.
- DAMÁSIO, A.R. *O Erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano*. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.
- DANTAS, H. A Afetividade e a Construção do sujeito na psicogenética de Wallon. In: LA TAILLE, Y., OLIVEIRA, M.K., DANTAS, H. *Piaget, Vyfotsky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão*. São Paulo: Summus, 1992, p.85-98.
- DÉSAUTELS, J. e LAROCHELLE, M. *Autour de l'idée de science: Itinéraires Cognitifs d'étudiants*. Québec-Bruxelles: Les Presses de L'Université de Laval e De Boeck , 1992.
- DESCARTES, René. *Discurso do Método*. São Paulo: Abril Cultural, 1979.

- DI SESSA, A. Unlearning Aristotelian physics: A study of knowledge - based learning. *Cognitive Science*, v.6, p. 37-75, 1982 citado em DRIVER, R. Psicología Cognoscitiva y Esquemas Conceptuales de los Alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, v.4, n.1, p. 3-15, 1986.
- DRIVER, R. The Representation of Conceptual Frameworks in young adolescent science students. Unpub. Ph.D. Thesis, University of Illinois, Urbana, Illinois, 1973, citado em DRIVER, R. Psicología Cognoscitiva y Esquemas Conceptuales de los Alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, v.4, n.1, p. 3-15, 1986.
- DRIVER, R. Psicología Cognoscitiva y Esquemas Conceptuales de los Alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, v.4, n.1, p. 3-15, 1986.
- DRIVER, R. Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, v.11, n.5, p. 481-490, 1989.
- DRIVER, R. & EASLEY, J. Pupils and Paradigms: a Review of Literature Related to Concept Development in Adolescent Science Students. *Studies in Science Education*, n.5 , p. 61-84, 1978.
- DRIVER, R., LEACH, J., SCOTT, P. e WOOD-ROBINSON, C. Young People's Understanding of Science Concepts: Implications of Cross-Age Studies of Curriculum Planning. *Studies in Science Education*, v.24, p.75-100, 1994a.
- DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E.F. e SCOTT, P. Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, v.23, n.7, p.5-12, 1994b.
- DRIVER, R. e OLDHAM, A Constructivism Approach to Currículum Developmente in Science. *Studies in Science Education*, v.13, p. 195-122, 1986.
- DRIVER, R. Research on students' conceptions - developments and trends. In: PROCEEDINGS OF THE THIRD INTERNATIONAL SEMINAR: MISCONCEPTIONS AND EDUCATIONAL STRATEGIES IN SCIENCE AND MATHEMATICS. Ithaca, New York: Misconceptions Trust, 1993, p. 3-32 (Electronic Proceedings).

- DUIT, R. e PFUNDT, H. *Bibliography Student's Alternative Frameworks and Science Education*. 4.ed. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN), 1994.
- DUSCH, R. e GITOMER, D. Epistemological Perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, v.28, n. 9, p. 839-858, 1991.
- ECO, U. *Os Limites da Interpretação*. São Paulo: Perspectiva, 1995.
- FELLOWS, N. A window into thinking: Using student writing to Understand Conceptual Change in Science Learning. *Journal of Research in Science Learning*, v.31, n.9, p. 985-1001, 1994.
- FEYERABEND, P. *Contra o Método*. 3.ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1989. Original em inglês em 1970.
- FRANCO, C e COLINVAUX-DE-DOMINGUEZ, D. Genetic Epistemology, History of Science and Science Education. *Science & Education*, v.1, p. 255-271, 1992 .
- GARDNER, H. *A Nova Ciência da Mente: Uma História da Revolução Cognitiva*. São Paulo: Edusp, 1995.
- GIL PÉREZ, D. Diez Años de Investigación en Didáctica de las Ciencias: Realizaciones y Perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, v.12, n.2, p. 154-164, 1994.
- GILBERT, J. e POPE, M. Small group discussions about conception in science a case study. *Research in Science and Technological Education*, v.4, p. 61-76, 1986 citado em TRUMPER, R. Children's energy concepts: a cross age study. *International Journal of Science Education*, v.15, n.2, p.139-148, 1993.
- GILBERT, J.K. e SWIFT, D.J. Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, v. 69, n.5, p. 681-696, 1985.

- GIORDAN, A. Vers un modèle didactique d'apprentissage allostérique. *Construction des Savoirs*, Montréal: Ed. Agence d'ARC inc., p. 240-257, 1989.
- GIORDAN, A. e VECCHI, G. *Las Orígenes del Saber*. Sevilha: Díada, 1988. Original em francês, 1987.
- GIROUX, H. *Teoria Crítica e Resistência em Educação - para além das teorias de reprodução*. Petrópolis: Vozes, 1986.
- GLASERSFELD, E.V. Cognition, Construction of Knowledge and teaching. *Synthese*, v.80, p. 121-140, 1989.
- GOETHE, J.W. *Fausto*. Rio de Janeiro: Agir, 1968.
- GRANGER, G.-G. *A Razão*. Lisboa: Edições 70, s/d. Original em francês *La Raison*, Paris: Presses Universitaires, 1955.
- GUNSTONE, R e WHITE, R. Understanding of gravity. *Science Education*, v.65, n.3, p. 291-299, 1981.
- GUTIERREZ, R. e OGBORN, L. A casual framework of analysing alternative conceptions. *International Journal of Science Education*, v.14, n.2, p. 201-220, 1991.
- HARVEY, D. *Condição Pós-Moderna*. São Paulo: Loyola, 1993.
- HENRIQUES, A. Apprendre et comprende, représentations d'enfants et enseignement por élèves. In: GIORDAN, A. (org.) *Psychologie génétique et didactique des science*. Bern, Peter Lang, 1989, citado em CASONATO, O. J. Tendências Atuais do Construtivismo no Ensino de Ciências. In: 3ª ESCOLA DE VERÃO DE PRÁTICA DE ENSINO DE FÍSICA, QUÍMICA E BIOLOGIA, Serra Negra, *Anais...* SP. Out., 1994, p. 1-19.
- HEWSON, P.W. A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, v.3, n.4, p. 383-396, 1981.
- HEWSON, P.W. A Case Study of Conceptual Change in Special Relativity: the influence of prior knowledge in learning. *European Journal of Science Education*, v.4, n.1, p. 61-78, 1982.

- HEWSON, P.W. e THORLEY, R. The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*, v.11, n.5, p. 541-553, 1989.
- INHELDER, B., GARCIA, R. e VONÈCHE, J. Hommage à Jean Piaget. Èoistémologie génétique et équilibrção. Neuchâtel/Paris: Delachaux et Niestlé, 1977 citado em DÉSAUTELS, J. e LAROCHELLE, M. *Autour de l'idée de science: Itinéraires Cognitifs d'étudiants*. Québec-Bruxelles: Les Presses de L'Université de Laval e De Boeck , 1992.
- JUNG, W. Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik un Chemie. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie*, v.32, n.13, p.2-6, 1986 citado em DUIT, R. Research on students' conceptions - developments and trends. In: PROCEEDINGS OF THE THIRD INTERNATIONAL SEMINAR: MISCONCEPTIONS AND EDUCATIONAL STRATEGIES IN SCIENCE AND MATHEMATICS. Ithaca, New York: Misconceptions Trust, 1993, p. 3-32 (Electronic Proceedings).
- KELLY, G. The psychology of personal constructs. New York: Norton, 1955 citado em BANNISTER, D. e FRANSELLA, F. *Inquiring Man - The Psychology of personal constructs*. New Zealand: Pinguin Books, 1980.
- KLEER, J e BROWN, J.S. A qualitative physics based on confluences. *Artificail Intelligence*, v.24, n.1, p. 7-83, 1984 citado em GUTIERREZ, R. e OGBORN, L. A casual framework of analysing alternative conceptions. *International Journal of Science Education*, v.14, n.2, p. 201-220, 1991.
- KNELLER, G.F. *A Ciência como Atividade Humana*. Rio de Janeiro: Zahar; São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980.
- KUHN, T.S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. 3ª ed. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1992, Original em inglês: *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1962.
- KUIPER, J. Student Ideas of Science Concepts: Alternative Frameworks? *International Journal of Science Education*, v.16, n.3, p. 279-292,1994.

- LAKATOS, I. e MUSGRAVE, A. *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979.
- LAKATOS, I. O. Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica. In: LAKATOS, I. e MUSGRAVE, A. *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979.
- LANDIM FILHO, R.. O destino da revolução racionalista. Folha de São Paulo, São Paulo, 2 mai.1996. Caderno MAIS, p.5.
- LA TAILLE, Y. Desenvolvimento do Juízo Moral e Afetividade na Teoria de Jean Piaget, In: LA TAILLE, Y., OLIVEIRA, M.K., DANTAS, H. *Piaget, Vygotsky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão*. São Paulo: Summus, 1992. p.47-73.
- LA TAILLE, Y., OLIVEIRA, M.K., DANTAS, H. *Piaget, Vygotsky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão*. São Paulo: Summus, 1992.
- LEE, O., e ANDERSON, C.W., Task Engagement and Conceptual Change in Middle School Science Classrooms. *American Educational Research Journal*, v. 30, n.3, p. 585-610, 1993.
- LICHT, P. e THUIS, G.D. Method to trace coherence and persistence of preconceptions. *International Journal of Science Education*, v.12,n.4,p. , 1990.
- MARÍN, N. et al. A Comparative study of Piagetian and constructivist work on conceptions in science. *International Journal of Science Education*, v.16, n.1, p. 1-15, 1994.
- MATTHEWS, M. Constructivism and Empiricism: An incomplete divorce. *Research in Science Education*, v.22, p. 299-307, 1992.
- MATTHEWS, M. Constructivism and Science Education: some epistemological problems. *Journal of Science Education and Technology*, v.2, n.1, p. 359-369, 1993.
- MATTHEWS, M. Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias : la aproximación atual. *Enseñanza de las Ciencias*, v.12, n.2, p. 255-277, 1994.

- MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO. *Plano Decenal de Educação para Todos*. Brasília: MEC, 1993.
- McDERMOTT, L.C. An overview of research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today*, v.37, p. 7-24, 1982 citado em DRIVER, R. *Psicología Cognoscitiva y Esquemas Conceptuales de los Alumnos*. *Enseñanza de las Ciencias*, v.4, n.1, p. 3-15, 1986.
- MEECE, J.L. e JONES, M.G. Gender Differences in Motivation e Strategy Use in Science: are Girls Rote Learners? *Journal of Research in Science Teaching*, v.33, n.4, p. 393-405, 1996
- MILLAR, R. Constructive criticisms. *International Journal of Science Education*, v.11, n.5, p. 587-596, 1989.
- MILLS, C.W. *A Imaginação Sociológica*. 5ª Edição. Rio de Janeiro: Zahar, 1980.
- MINSTRELL, J. Explaining the 'At rest' conditions of an object, *Physics Teacher*, 203, 10, 1982, citado em DRIVER, R. *Psicología Cognoscitiva y Esquemas Conceptuales de los Alumnos*. *Enseñanza de las Ciencias*, v.4, n.1, p. 3-15, 1986.
- MOREIRA, M.A. Diez Años de la Revista "Enseñanza de las Ciencias": de una Ilusión a una Realidad. *Enseñanza de las Ciencias*, v.12, n.2, p. 147-153, 1994a.
- MOREIRA, M.A. Cambio Conceptual: Crítica a Modelos Actuales y una Propuesta a la luz da la Teoría del Aprendizaje Significativo. In: II SIMPOSIO SOBRE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN FÍSICA, Buenos Aires, 1994b.
- MOREIRA, M.A. e MASINI, E. A. *Teoria da Aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização de ensino*. Versão Preliminar do Seminário de Aprendizagem e Ensino ao Nível de Escola Superior, Campinas, dezembro, 1978 (Datilografado).
- MORTIMER, E.F. Tentativa de uma Leitura Piagetiana das Idéias Sobre "Mudança Conceitual". São Paulo, USP, 1991 (Trabalho apresentado como requisito para conclusão de disciplina do Curso de Pós Graduação).



- MORTIMER, E.F. *Evolução do Atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. São Paulo: FEUSP, Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1994a.
- MORTIMER, E.F. Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Para Onde Vamos? In: 3ª ESCOLA DE VERÃO DE PRÁTICA DE ENSINO DE FÍSICA, QUÍMICA E BIOLOGIA, Serra Negra, *Anais...* SP. Outubro, 1994b.
- NIEDDERER, H., GOLDBERG, F. & DUIT, R. (1991). Towards Learning Process Studies: A review of the Workshop on Research in Physics Learning, in R. Duit, F. Goldberg and H. Niedderer (Eds.) *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. Kiel: IPN, p. 10-28. citado em MORTIMER, E.F. *Evolução do Atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. São Paulo: FEUSP, Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1994a.
- NOVAK, J.D. Constructivismo Humano: un Consenso Emergente. *Ensenanza da las Ciencias*, v.6, n.3, p. 213-223, 1988.
- NOVAK, J.D. e MUSONDA, D. A Twelve-year Longitudinal Study of Science Concept Learning. *American Educational Research Journal*, v.28, n.1, p. 117-153, 1991
- NOVICK, S. e NUSSBAUM, J. Junior High School Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: An Interview Study. *Science Education*, 62(3): 273-281, 1978.
- NUSSBAUM, J. Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal of Science Education*, v.11, n.5, p. 530-540, 1989.
- NUSSBAUM, J. e NOVICK, S. Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation. *Instructional Science*, 11: 183-208, 1982.
- OLIVEIRA, M.K. O Problema da Afetividade em Vygotsky. In: LA TAILLE, Y., OLIVEIRA, M.K., DANTAS, H. *Piaget, Vyfotsky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão*. São Paulo: Summus, 1992. p. 75-84.

- OSBORNE, J. Beyond Constructivism. In: PROCEEDINGS OF THE THIRD INTERNATIONAL SEMINAR: MISCONCEPTIONS AND EDUCATIONAL STRATEGIES IN SCIENCE AND MATHEMATICS. Ithaca, NY: Misconceptions Trust, 1993 ( Eletronic Proceedings).
- OSBORNE, R.J., BELL,B.F. e GILBERT, J.K. Science teaching and children's views of the world. *European Journal Science Education*, v.5,n.1,p. 1-14, 1983.
- PIAGET, J.A *Linguagem e o Pensamento da Criança*. Lisboa : Moraes, 1923 citado em SANTOS, M.E. (1991) *Mudança Conceitual na Sala de Aula - um desafio pedagógico*. Lisboa: Livros Horizonte, 1991.
- PIAGET, J. *A representação do mundo na criança*. Sao Paulo: Record, s/d. Original em francês: *La Représentation du Munde Chez L'Enfante*, 1926.
- PIAGET, J. *La Causalidad fisica em el niño*. Madrid: Espasa-Calpe, 1934 citado em SANTOS, M.E. (1991) *Mudança Conceitual na Sala de Aula - um desafio pedagógico*. Lisboa: Livros Horizonte, 1991.
- PIAGET, J. *A construção do real na criança*. Rio de Janeiro: Zahar, 1970. Original em francês: *La Construction du réel chez L'Enfant*, Neuchâtel, Delachaux & Niestlé, 1937.
- PIAGET, J. *O Julgamento Moral na Criança*. São Paulo: Mestre Jou, 1977.
- PIAGET, J. *Lógica e Conhecimento Científico*. Porto: Livraria Civilização, 1980, 2v., V1.
- PIAGET, J. *Biologia y Conocimiento*. México: Siglo Vientiuno Ed., 1990a.
- PIAGET, J. *Epistemologia Genética*, São Paulo: Martins Fontes Ed., 1990b.
- PIAGET, J. & GARCIA, R. *Psicogénese e História das Ciências*. Lisboa: Dom Quixote, 1987.
- PIETROCOLA, M.O. *A História e a Epistemologia no Ensino da Física: Aspectos Individuais e Coletivos na Construção do Conhecimento Científico*. Memorial Apresentado para Concurso Público, UFSC, 1992.

- POPE, M e GILBERT, J. La experiencia personal y la Construcción del Conocimiento en ciencias. *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*, n.2, Série Fundamentos, Investigación y Enseñanza, p. 75-90, 1988 . Original em inglês: Personal Experience and the Construction of Knowledge in Science
- POPPER, K. *A Lógica da Pesquisa Científica*. 4 ed., São Paulo: Coutrix, 1989. Original em inglês *The Logic of Scientific Discovery*, 1972.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. e GERTZOG, W.A. Learning special relativity: A study of intellectual problems faced by college students. Paper presented at the 100th Anniversary of the Birth of Albert Einstein, Hofstra University, 1979 citado em POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. e GERTZOG, W.A. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v.66, n.2, p. 211-227, 1982.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. e GERTZOG, W.A. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v.66, n.2, p. 211-227, 1982.
- POZO, J.A., SANZ, A., GÓMEZ CRESPO, M.A. e LIMÓN, M. Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, v.9, n.1, p. 83-94, 1991.
- PINTRICH, P.R., MARX, R.W. e BOYLE, R.A. Beyond Cold Conceptual Change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of contextual change. *Review of Educational Research*, v.63, n.2, p. 167-199, summer, 1993
- RESNICK, L.B., LEVINE, J.M. e TEASLEY, S.D. Perspectives on Socially Shared Cognition. Washington, DC: American Psychological Association, 1993.
- ROBILOTTA, M. O Cinza, o Branco e o Preto - da Relevância da História da Ciência no Ensino de Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.5, n.especial, p. 07-22, 1988.

- ROSS, B. e MUNBY, H. Concept mapping and misconceptions: a study of high-school students' understandings of acids and bases. *International Journal of Science Education*, v.13, n.1, p. 11-23, 1991
- ROWELL, J.A. e DAWSON, C.. Equilibration, conflict and instruction: A new class-oriented perspective. *European Journal of Science Education*, v.7, n.4, p. 331-344, 1985.
- SALMON, P. e BANNISTER, D. Education in the light of personal construct theory. *Education for Teaching*, p.25-33, summer, 1974.
- SALTIEL, E. e MALGRANGE, J.C. Spontaneous ways of reasoning in elementary kinematics. *European Physics*, v.1, p.73-78, 1980.
- SANTOS, F. Mudança Conceitual: um Referencial em Transformação. *Educação: Tramas e Temas*, Coleção Laboratório , Nº 2, Florianópolis: Núcleo de Publicações do CED-UFSC, 1995.
- SANTOS, M.E. *Mudança Conceitual na Sala de Aula - um desafio pedagógico*. Lisboa: Livros Horizonte, 1991.
- SANTOS, O. A questão da produção e da distribuição do conhecimento. *Educação em Revista*. Belo Horizonte: FAE/UFMG, 1985.
- SCHNETZLER, R.P. Do ensino como transmissão, para um ensino como promoção de mudança conceitual nos alunos: um processo (e um desafio) para a formação de professores de Química. In: CONFERÊNCIA E SESSÕES ESPECIAIS DA 16ª REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 1993, Caxambu. *Cadernos ANPED* , nº 6, Belo Horizonte: CNPq, FINEP e INEP, 1994.
- SCOTT, P. The process of conceptual change in Science: A case study of the development of a secondary pupil's ideas relating to matter, In NOVAK, J.D. (ed), *The proceedings of The Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York: Cornell University, vol. II, p. 404-419, 1987.

- SCOTT, P., ASOKO, M. e DRIVER, R. Teaching for conceptual change: A review of strategies. In DUIT, R., GOLDBERG, H., NIEDDERER, H. (Eds). *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. University of Bremen, 1991, p. 310-329.
- SERÉ, M.G. The gaseous state. In: DRIVER, R. GUESNE, E. e TIBERGHIE, A. Children's ideas in Science, Milton Keynes: Open University Press, 1985 citado em POZO, J.A., SANZ, A., GÓMEZ CRESPO, M.A. e LIMÓN, M. Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, v.9, n.1, p. 83-94, 1991
- SEVERINO, A.J. Proposta de um universo temático para a investigação em Filosofia da Educação: as implicações da historicidade. *Perspectiva*. Florianópolis: UFSC/CED/ NUP, p. 11-29, 1993
- SHAYER, E. e ADEY, P. Towards a Science of Science Teaching. Heinemann, 1981 citado em DRIVER, R. Psicología Cognoscitiva y Esquemas Conceptuales de los Alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, v.4, n.1, p. 3-15, 1986.
- SIMPSON, R.D., KOBALLA, T.R., OLIVER, J.S. e CRAWLEY, F.E. Research on the affective dimension of science learning. In: GABELL, D.L. Handbook of research on Science Teaching and Learning, New York, Ed. Macmillan, Publisher Company, 1994.
- SJOBERG, S. e LIE, S. Ideas about force and movement among Norwegian pupils and students. Report 81-11. Institute of Physics Report Series, University of Oslo, 1981 citado em DRIVER, R. Psicología Cognoscitiva y Esquemas Conceptuales de los Alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, v.4, n.1, p. 3-15, 1986.
- SOLIS VILLA, R. Ideas Intuitivas y Aprendizaje de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, p. 83-89, jun., 1984.
- SOLOMON, J. Learning about energy: how pupils think in two domains. *European Journal of Science Education*, v.5, n.1, p. 49-59, 1983.

- SOLOMON, J. The Rise and Fall of Constructivism. *Studies in Science Education*, v.23, p. 1-19, 1994.
- SOLOMON, J. ; DUVEEN, J. e SCOTT, L. Pupil's images of scientific epistemology. *International Journal of Science Education*, v. 16, n. 3, p. 361-373, 1994.
- STAVY, R. & BERKOVITZ, B. Cognitive Conflict as a basis for teaching quantitative aspect of the Concept of Temperature. *Science Education*,v.64, n.5, p. 679-692, 1980.
- STOFFLETT, R.T. Accommodation of Science Pedagogical Knowledge: The Application of Conceptual Change Constructs to Teacher Education. *Journal of Research in Science Teaching*, v.31, n.8,p. 787-810, 1994.
- STOFFLETT, R.T. e STODDART, T. The Ability To Understand And Use Conceptual Change Pedagogy as a Function of Prior Content Learning Experience. *Journal of Research in Science Teaching*, v.31, n.1,p. 31-51, 1994.
- STRIKE, K.A. e POSNER, G.J. Conceptual Change and Science Teaching. *European Journal. Science Education*. v.4, n.3, p. 231-240, 1982.
- STRIKE, K.A. e POSNER, G.J. A Revisionist Theory of Conceptual Change. In DUSCHL, R. e HAMILTON, R. (Eds). *Philosophy & Science, cognitive psychology and educational Theory and practice*. Albany, N.Y.: State University New York Press, p. 148-176, 1993.
- SUCHTING, W.A. Constructivism Deconstructed. *Science & Education*, v.1, p.223-254, 1992.
- THIJS, G.D. e BERG, E.D. Cultural factors in the Origin and Remediation of Alternative Conceptions in Physics. *Science & Education*, n.4, p. 317-347, 1995.
- TOULMIN, S. *La Comprensión Humana- Volume 1- El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza Editorial, 1977. Original em inglês *Human Understanding - Volume I: The Collective Use and Evolution of Concepts*. Princeton University Press, 1972.

- TOULMIN, S.E. É Adequada a Distinção entre Ciência Normal e Ciência Revolucionária? In: LAKATOS, I. e MUSGRAVE, A. *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*. São Paulo: Cultrix, 1979.
- TRUMPER, R. Children's energy concepts: a cross age study. *International Journal of Science Education*, v.15, n.2, p.139-148, 1993.
- VASCONCELOS, V. e VALSINER, J. *Perspectiva Co-Construtivista na Psicologia e na Educação*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.
- VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal Science Education*, v.1, n.2, p. 205-222, 1979
- VYGOTSKY, L.S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 5.ed. .São Paulo: Martins Fontes., 1994.
- VYGOTSKY, L.S. *Pensamento e Linguagem*.5.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1995.
- WATTS, D.M. Gravity don't take et for granted. *Physics Education*, v.17, p. 116-121, 1982 citado em DRIVER, R. Psicología Cognoscitiva y Esquemas Conceptuales de los Alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, v.4, n.1, p. 3-15, 1986.
- WATTS, D.M. e ZYLBERSZTAJN, A. A survey of some ideas about force. *Physics Education*, v.16, p. 60-365, 1981 citado em DRIVER, R. Psicología Cognoscitiva y Esquemas Conceptuales de los Alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, v.4, n.1, p. 3-15, 1986.
- WERTSCH, J. A meeting of paradigms. *Contemporary Psychoanalysis*, v.26, n.1, p. 53-73, 1990 citado em OLIVEIRA, M.K. O Problema da Afetividade em Vygotsky. In: LA TAILLE, Y., OLIVEIRA, M.K., DANTAS, H. *Piaget, Vyfotsky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão*. São Paulo: Summus, 1992. p. 75-84.