

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO**

**CONHECIMENTO,  
TENSÕES E TRANSIÇÕES**

**Demétrio Delizoicov**

**Tese de Doutorado apresentada à Faculdade  
de Educação da Universidade de São Paulo.  
Orientador: Luis Carlos de Menezes**

**SÃO PAULO  
1991**

**- Aos meus alunos africanos e amigos da Guiné**

**Bissau que me despertaram;**

**- Ao físico-educador Erik Rudinger**

## RESUMO

Este trabalho analisa as rupturas entre os conhecimentos vulgar (ou do senso comum) e científico. A partir das características dessas rupturas é proposto um modelo didático-pedagógico para o ensino-aprendizagem das Ciências Naturais n nível de 1º e 2º graus.

Com base em dados historiográficos e epistemológicos são examinadas as rupturas na produção do conhecimento científico. Essas rupturas direcionaram a investigação das que devem ocorrer entre o conhecimento prevalente do aluno e o da Ciência veiculado pelos conteúdos programáticos escolares.

O modelo didático-pedagógico proposto, que considera as rupturas para que haja apropriação de conhecimentos científicos pelo educando, é fundamentado por parâmetros epistemológicos, pelo prisma pedagógico de educadores progressistas e por práticas educacionais efetivadas em projetos de ensino de Ciências Naturais.

# INDICE

Pág.

APRESENTAÇÃO .....	1
Capítulo I - VALORES E CONHECIMENTOS .....	7
I.1 - Colaboração <sup>Colocação</sup> de um problema .....	8
I.2 - Contribuição epistemológica para um enfoque do problema .....	13
I.3 - Enunciado do problema da tese e uma estratégia para a sua solução .....	20
I.4 - Paradigmas e principais elementos da matriz disciplinar .....	22
. Generalizações simbólicas .....	24
. Exemplares .....	39
. Partes metafísicas e valores .....	45
Capítulo II - CONHECIMENTO E RUPTURAS .....	54
II.1 - Concepções alternativas aos paradigmas científicos .....	55
II.2 - Kuhn e Piaget: Sintonias e desacordos .....	58
. Uma interpretação de Piaget usando o modelo kuhniano .....	59
Descontinuidades e Rupturas .....	61
O papel da ação. Mas qual ação? .....	74
Algumas contribuições dos artistas renascentistas .....	80
Algumas contribuições dos artesãos e da técnica renascentista .....	86
Enfoque piagetiano-kuhniano da contribuição de Galileu .....	93
. Uma interpretação de Kuhn usando o modelo piagetiano .....	109

II.3 - Conclusões .....	112
. O papel dos modelos usados .....	112
. Discussão das características do modelo .....	117
Capítulo III - RUPTURAS E EDUCAÇÃO .....	128
III.1 - A propósito dos conhecimentos universais e das rupturas em Snyders .....	130
III.2 - Da visão ingênua à crítica .....	143
III.3 - O conhecimento e suas rupturas em Freire .....	156
Capítulo IV - ENFRENTAMENTO EMPÍRICO DAS RUPTURAS .....	177
IV.1 - Diálogo com fenômenos, comunidade e alunos .....	177
IV.2 - A dialogicidade dos momentos pedagógicos .....	182
IV.3 - Visão panorâmica das práticas .....	186
. Projeto "Formação de Professores - Guiné Bissau" .....	186
. Projeto "Ensino de Ciências a Partir de Problemas da Comunidade" .....	197
Referências Bibliográficas .....	207

## APRESENTAÇÃO

### O PROBLEMA, O OBJETIVO, A ABORDAGEM

Embora não haja total acordo entre as posições de historiadores da Ciência e epistemólogos quanto a uma evolução não-contínua na produção do conhecimento científico, rupturas têm sido consideradas.

E quanto à aquisição do conhecimento científico já construído e veiculado na educação escolar? Será ela linear, contínua? Independe da visão de mundo do educando que dele deverá se apropriar?

É este o meu problema para investigação.

A hipótese central que estou postulando é que a formação do pensamento científico e a apropriação do conhecimento científico devem ocorrer através de rupturas na forma de pensar e na visão de mundo do educando; isto é, não ocorre com a simples transmissão de informações sobre o conhecimento científico.

Como uma possível consequência da não-ocorrência das rupturas haverá uma limitação, barreira, para a apropriação do conhecimento científico pelo educando. Limitação que não se traduz em impossibilidade ou impedimento. Interpreto-a como condicionantes que, quando não considerados no processo educativo, limitam o educando na sua aquisição do pensamento e conhecimento científicos; e, quando considerados, podem permitir a superação da limitação, através da ocorrência de rupturas.

Obviamente, são rupturas que o próprio sujeito deverá realizar. Mas também, obviamente (pelo menos deveria ser), a limitação imposta pela não-ocorrência de rupturas no processo educativo, transcende a estrita individualidade do sujeito. É obrigação da educação escolar, enquanto sua função social, contribuir para a formação do coletivo dos educandos, de modo a propiciar as rupturas e a superação das limitações, para que um particular sujeito desse coletivo não dependa apenas da sua individualidade. Senão, para que escolas? Basta o autodidata ou o preceptor à moda antiga!

Uma segunda pergunta se faz necessária:

Qual o proceder didático-pedagógico a ser adotado na escola para propiciar as rupturas?

Meu objetivo é a proposição de um modelo didático-pedagógico para o ensino introdutório de Ciências Naturais que trabalhe as rupturas durante a educação

de 1º e 2º graus. É neste período que o educando estará se iniciando ao pensamento científico; e também a grande maioria da população escolarizada terá apenas esta oportunidade para se apropriar de maneira sistemática de conhecimentos científicos.

O problema que me propus investigar e o meu objetivo em investigá-lo se ligam indissociavelmente.

Em função da minha compreensão, análise e exposição das rupturas, pretendo extrair algumas de suas características e considerá-las explicitamente no modelo didático-pedagógico para que possam ser trabalhadas no processo educativo da escola, de tal modo que poderá propiciar a qualquer indivíduo do coletivo considerado saudável física e mentalmente, com a sua individualidade, realizar aquelas rupturas.

Dois princípios norteiam a minha prática como educador e a minha investigação. Acredito ser necessário que o pesquisador em ensino tenha:

- 1) uma definição quanto à concepção de educação para cujos propósitos a sua investigação em ensino de Ciências está voltada;
- 2) uma concepção, principalmente epistemológica, de Ciência cujo ensino estará investigando.

Defendo estes dois princípios básicos como requisitos mínimos para qualquer investigador dessa área de pesquisa. Meu pressuposto educacional é o das educações progressistas, ou seja: a formação do educando durante a educação escolar, visando a sua atuação na sociedade, enquanto cidadão, independentemente da sua profissionalização, na perspectiva de suas transformações.

Neste sentido, da mesma forma que as outras áreas, o conhecimento científico que será abordado nas escolas de 1º e 2º graus deverá ter como uma de suas atribuições a de fornecer instrumentos ao educando para a compreensão e atuação na realidade, entendida tanto no contexto das relações sociais que também a determinam, quanto no contexto dos fenômenos naturais e da sociedade tecnológica em que vivemos.

Mais especificamente, minha atuação como educador-investigador, nos últimos 15 anos, tem como premissa a concepção problematizadora ou dialógica da educação, proposta por Paulo Freire. Esta concepção de educação pressupõe, pelo viés educacional mais abrangente e não-restrito ou abordando especificamente a educação em Ciências Naturais, rupturas entre o conhecimento que o sujeito já possui e aquele que é veiculado pela educação, originalmente, de adultos; via superação da "consciência ingênua" pela "consciência crítica".

No capítulo III da tese são discutidas e analisadas as transposições dessa concepção para o âmbito do ensino de Ciências Naturais na educação escolar, particularmente para o da escola pública, minha preocupação principal.

É com pressupostos contidos num modelo abstraído da concepção de educação de Freire que tenho norteado empiricamente, numa dinâmica de prática e reflexão dessa prática, o meu trabalho educacional voltado para o ensino-aprendizagem de Ciências Naturais.

Ainda que a prática efetiva tivesse-se iniciado apenas em 1979, foi no ano de 1975 que participei da formação de um grupo (Menezes, 1988) no Instituto de Física da USP com o objetivo de estudar Freire e analisar a sua viabilidade e relação com o ensino de Física nas escolas de 2º grau (Zanetic, 1989).

Três projetos de ensino de Ciências Naturais, dos quais participei diretamente, são os pilares da minha prática-reflexão.

O primeiro, Formação de Professores de Ciências Naturais (Delizoicov, 1982; Angotti, 1982), desenvolvido na Guiné-Bissau em cooperação com o Ministério da Educação daquele país africano, foi implantado de 1979 a 1981 e destinou-se ao ensino nas 5ª e 6ª séries das escolas de 1º grau. Fui responsável pela implantação do projeto no país e o coordenei durante os anos 79-80, destinados ao trabalho nas 5ª séries. Angotti o coordenou durante os anos 80-81, destinados ao trabalho nas 6ª séries.

O segundo, Ensino de Ciências a Partir de Problemas da Comunidade (Dal Pian, 1990), desenvolvido desde 1984 no Rio Grande do Norte, coordenado por Pernambuco (1988), do Departamento de Educação da UFRN, destina-se ao ensino nas quatro séries iniciais do 1º grau.

Ambos os projetos envolveram um trabalho de equipe, cujos membros constituem o grupo de ensino e pesquisa (Pernambuco, 1988) do qual faço parte. Os trabalhos acadêmicos de cada um dos elementos do grupo são produzidos através da reflexão e teorização da prática efetivada pelo grupo.

Os dois projetos são objeto do capítulo IV da tese e têm como eixos de atuação: formação de professores em serviço, elaboração de currículos, produção de material didático e trabalho interdisciplinar.

O terceiro, Projeto Diretrizes Gerais para o Ensino de 2º Grau: Núcleo Comum e Habilitação Magistério (Pimenta, 1990), proposto e desenvolvido pela Secretaria do Ensino de 2º Grau do MEC, em cooperação com a PUC-SP, produziu subsídios para professores, entre 1987 e 1988, para o ensino das disciplinas do Núcleo Comum e da Habilitação Magistério do 2º grau. Fui co-responsável pelos subsídios de Física (Delizoicov, 1990) e de Metodologia do Ensino de Ciências (Delizoicov, 1990).



Ao mesmo tempo, durante esses 15 anos, ocorreu o amadurecimento para a formulação do problema da tese, a busca do instrumental para o seu enfrentamento e a possibilidade de abstrair e explicitar como aquele modelo empírico se propõe a trabalhar pedagogicamente rupturas que precisam ocorrer no processo educativo para que haja a apropriação do conhecimento científico.

A teoria do conhecimento que permeia a concepção freiriana é, ao invés de epistemológica, gnoseológica; portanto, mais ampla, abrangente e, por isso mesmo, menos específica enquanto análise do conhecimento científico, visto não ser apenas este o objeto da concepção problematizadora da educação. Foi necessário, então, extrair e aprofundar o epistemológico contido no gnoseológico.

Os parâmetros para o aprofundamento epistemológico, partindo de algumas categorias empregadas pelo modelo freiriano para a compreensão do gnoseológico, foram fornecidos pelos modelos kuhniano e piagetiano, baseando-me, inicialmente, no princípio que todos os três modelos admitem e têm em comum: o conhecimento se origina na interação sujeito-objeto, na não-neutralidade do sujeito nem do objeto, e na não-linearidade na construção desse conhecimento.

É a teoria dos paradigmas de Kuhn, na sua versão matriz disciplinar, do posfácio da edição japonesa de 1969, do livro *A Estrutura das Revoluções Científicas* (Kuhn, 1975), que estou pressupondo como "estrutura teórica do pensamento científico" a ser apreendida pelo educando e, ao mesmo tempo, como concepção de Ciência, enquanto suas relações internas na produção de conhecimento. Segundo o modelo kuhniano, há rupturas durante as revoluções científicas, quando um paradigma é substituído por outro.

No capítulo I da tese argumento sobre a escolha de Kuhn como norteador para o enfrentamento do problema, apresento minha compreensão sobre os paradigmas e o uso que deles fiz na perspectiva de obter critérios que possibilitam localizar as características e dar uma interpretação para as rupturas que faço como hipótese.

No capítulo II do estudo investigo a qualidade das rupturas, identificadas no capítulo I, que precisam ocorrer com o sujeito para a sua apropriação do conhecimento científico.

Neste sentido, a teoria de Piaget, que fornece um modelo para "como se alcança conhecimento", é articulada com o modelo kuhniano, com a finalidade de investigar estas rupturas, desde que não se trata daquelas consideradas por Kuhn quando ocorre mudança de paradigmas, mas sim das rupturas entre o conhecimento

vulgar (Bachelard, 1977) ou conhecimento do senso comum (Koyré, 1982) do educando e o conhecimento científico que por ele deve ser apropriado.

Baseando-me em dados historiográficos, eu argumento, no capítulo II que é a experiência - ações e procedimentos - do sujeito, e a acumulada historicamente que lhe é transmitida, portanto com origem coletiva, que leva à construção do conhecimento vulgar ou conhecimento do senso comum, na interação dos sujeitos com a sua vida cotidiana; mas que é a experimentação - ações e procedimentos específicos - que leva à construção de conhecimento científico, quer ao se constituírem os paradigmas, quer ao se usá-los para a solução de problemas científicos, portanto, ações e procedimentos específicos também com origem coletiva, segundo a teoria dos paradigmas.

Assim, o modelo didático-pedagógico construído e proposto tem como premissas: o sujeito cognoscente freiriano, que é ontológico; um ser concebido como tendo uma natureza comum que é inerente a todos e a cada um dos seres, portanto, uma categoria, mais do que psicológica, filosófica. O recorte psicológico cognitivo desse ontológico foi dado pelo modelo piagetiano, que pressupõe a universalidade das estruturas mentais, enquanto possibilidade da espécie humana de sua construção e constante adequação com descontinuidades. O recorte para a análise da formação da "estrutura teórica do pensamento científico" do sujeito ontológico de Freire e epistêmico de Piaget foi dado pelo modelo kuhniano.

Nas conclusões do capítulo II apresento as características essenciais que um modelo didático-pedagógico deve possuir de modo a propiciar as rupturas examinadas e qualificadas.

No capítulo III mostro que um modelo abstraído a partir da concepção de educação de Paulo Freire contém aquelas características essenciais. No capítulo IV, ao abordar os projetos, apresento como esse modelo tem sido utilizado na nossa prática educacional.

A concepção deste trabalho e da sua exposição é calcada, portanto, numa práxis. Assim, a teorização que faço em cada um dos capítulos I e II é a fragmentação imersa numa totalidade e explicitada com a leitura que fiz de Kuhn e Piaget norteadas pela minha prática educativa, que ao mesmo tempo é, também, uma fragmentação imersa na mesma totalidade e explicitada a partir dos capítulos III e IV. Nas entrelinhas de cada um dos quatro capítulos estão "escritos" os outros três.

Se é que uma imagem pode auxiliar o leitor na compreensão do trabalho, a que posso sugerir é a seguinte:

A da luz branca do Sol, passando por um prisma. Ao se observar todas as cores e cada uma delas presentes no espectro obtido pela decomposição da luz branca,

sabemos que da vermelha à violeta está presente a branca. Devemos "ver" que em todas elas e em cada uma delas há o branco. E que na branca estão todas as outras cores.

Ao encerrar esta apresentação não posso deixar de expressar meus agradecimentos às pessoas que muito contribuíram para a execução do trabalho. Correndo o risco de (im)perdoáveis omissões quero destacar as seguintes: Marta Pernambuco e José Andre P. Angotti, meus companheiros de trabalho, reflexão e discussões, algumas bastante árduas e calorosas. Sem os seus desafios, críticas e sugestões creio que não teria elaborado este estudo. Luis Carlos de Menezes pelo total apoio que sempre deu às minhas iniciativas e pela liberdade na condução do trabalho. João Zanetic pela paciente leitura do borrão da tese. Suas críticas e sugestões para alterações no texto inicial foram imprescindíveis para a redação final. Moacir Ribeiro do Valle, também pela leitura do borrão e pelos seus questionamentos. Jesuína Pacca e Alberto Villani pelas sugestões de leituras e pelas discussões para o enfrentamento do problema. Alexandre Nader que no início da elaboração da tese fez comentários valiosos. Regina Kawamura e Sonia Salem que ao auxiliarem na revisão datilográfica fizeram importantes sugestões.

## CAPÍTULO I

### VALORES E CONHECIMENTOS

*"Tendo nós próprios vivido duas ou três crises profundas de nosso modo de pensar - a 'crise dos fundamentos' e o 'eclipse dos absolutos' matemáticos, a revolução relativista, a revolução quântica -, tendo sofrido a destruição de nossas antigas idéias e feito o necessário esforço de adaptação às idéias novas, estamos mais aptos que nossos predecessores a compreender as crises e as polêmicas de outrora" (Koyré).*

Meu objetivo, neste capítulo inicial, é fazer uma (re)apresentação da teoria dos paradigmas de Kuhn numa perspectiva que direcione a investigação das rupturas que devem ocorrer entre o conhecimento vulgar (Bachelard) ou conhecimento do senso comum (Koyré) e o científico.

A teoria dos paradigmas de Kuhn não tem como objeto o conhecimento vulgar, mas sim o conhecimento que é produzido pela comunidade de cientistas. No entanto, a versão matriz disciplinar dos paradigmas, que Kuhn apresenta no posfácio da edição japonesa do livro **A Estrutura das Revoluções Científicas**, ofereceu-me indicadores para a análise das rupturas, objeto de investigação desta tese.

Na perspectiva kuhniana da produção de conhecimento científico, sobretudo durante as mudanças de paradigmas - quer a instituída com o estabelecimento da Ciência Moderna, quer com a Mecânica quântica - direcionarei a exposição sobre os paradigmas no sentido de articular os valores e as partes metafísicas - elementos da matriz disciplinar - que balizam a construção de conhecimentos.

Neste capítulo exploro mudanças que ocorreram nesses elementos durante a produção de conhecimento científico, como indicativos para investigar quais valores e partes metafísicas entram em jogo ao se considerar o conhecimento vulgar, cujas mudanças para a apropriação do conhecimento científico serão analisadas no capítulo II. Ao explorar o viés epistemológico deste capítulo.I, a preocupação será eminentemente didático-pedagógica.

## I.1 - COLOCAÇÃO DE UM PROBLEMA

Ao se considerar que a produção de conhecimento - ato de criação e construção - e que a aquisição deste conhecimento construído - ato de apreensão e construção - não se dão no vazio mas que estão imersas numa concepção de mundo, é preciso que se analise a relação desta com aquelas duas. Koyré, ao fazer uma análise da história do pensamento científico, inspirou-se na convicção da "unidade do pensamento humano", transformando-a em princípio de pesquisa (Koyré, 1982, p. 120). Segundo o historiador, é impossível separar em compartimentos estanques a história do pensamento filosófico e a do pensamento religioso.

Para ele: *"A influência do pensamento científico e a visão do mundo por ele determinada não se acham presentes apenas nos sistemas que ... abertamente, se apóiam na ciência, mas também nas doutrinas ... aparentemente estranhas a qualquer preocupação dessa natureza. O pensamento, quando formulado em sistemas, implica uma imagem, ou melhor, uma concepção do mundo, e se situa em relação a ela"* (Koyré, 1982, p. 10).

Ao analisar a revolução científica do século XVII, em Estudos Galileanos, Koyré considera-a *"ao mesmo tempo Fonte e resultado de uma profunda transformação espiritual que revolucionou não só o conteúdo, mas as próprias limitações do nosso pensamento"* (Koyré, 1982, p. 12).

A mudança dos modelos de universo - do geocêntrico para o heliocêntrico - implicou numa reformulação dos princípios básicos da razão filosófica e científica, bem como das noções fundamentais como a de movimento e espaço.

A visão de mundo do homem da Idade Média, oriunda de dois grandes empreendimentos do conhecimento - a filosofia grega e a teologia judaico-cristã - empregava: *"Não as categorias de tempo, espaço, massa, energia e outros; mas sim as de substância, essência, matéria, forma, quantidade, qualidade ... na tentativa de dar forma científica aos fatos e relações observadas na experiência sensorial"* (Burt, 1983, p. 11).

A adoção daquelas primeiras categorias, a partir do século XVII com o nascimento da Ciência Moderna, veio acompanhada de mudanças na concepção de mundo, caracterizadas: por uma "destruição do cosmos" (Koyré, 1986 p. 8) - substituição de um todo finito e bem ordenado por um universo indefinido ou mesmo infinito; por uma "geometrização do espaço" - substituição da concepção aristotélica do espaço pela

geometria euclidiana; (Koyré, 1986, p. 8); pela definição de massa; pela adoção do princípio da inércia, pela construção do conceito de energia e trabalho e o estabelecimento do seu princípio de conservação, no século XIX, acarretando entre outras mudanças aquela do calor como fluido.

No entanto, o que ocorre com os conceitos de espaço, tempo, massa e energia formulados durante os séculos XVII ao XIX às custas de transformações na concepção de mundo?

O início do século XX presencia uma outra revolução científica. Formulam-se a teoria da relatividade e a Mecânica quântica.

A estes conceitos há a necessidade de se agregar o de espaço-tempo e o de massa-energia. O primeiro acarreta a consequente limitação da geometria euclidiana, construindo-se um espaço quadridimensional. Com o segundo, não faz mais sentido o princípio da conservação da massa, como estabelecido pela Mecânica clássica. A teoria da relatividade exigiu uma concepção onde massa e energia fossem intercambiáveis, onde o tempo também não tivesse um caráter absoluto, ou seja, uma concepção de mundo distinta daquela concebida durante os séculos XVII a XIX.

O advento da Mecânica quântica introduziu profundas alterações tanto do ponto de vista filosófico quanto do científico, provocando portanto outra mudança de concepção de mundo, quer se concorde com a "interpretação de Copenhague", quer com as de seus oponentes.

O determinismo e a previsibilidade dos fenômenos físicos, características essenciais do conhecimento produzido pela Física clássica, não são mais possíveis com a interpretação de Copenhague, pelo menos para o mundo atômico. Segundo esta interpretação, o não-determinismo é ontológico, ou seja, a função de probabilidade descreve, durante o processo de observação, um conjunto de acontecimentos possíveis e: *"O ato de observação, por si mesmo, muda a função de probabilidade de maneira descontínua; ele seleciona, entre todos os eventos possíveis, o evento real que ocorreu ..."*

*"Portanto, a transição do 'possível' ao 'real' ocorre durante o ato de observação. Se quisermos descrever o que ocorre em um evento atômico, deveremos compreender que o termo 'ocorre' pode somente ser aplicado à observação, e não ao estado de coisas durante duas observações consecutivas. Aquele termo diz respeito à componente física do ato de observação, mas não à psíquica e podemos dizer que a transição do 'possível' ao 'real' toma lugar tão logo a interação do objeto com o instrumento de medida ... tenha-se realizado; ele nada tem a ver com o ato de registrar o resultado por parte da mente do observador" (Heisenberg, 1987, p. 46; grifo meu).*

A adoção dessa interpretação exige, portanto, uma concepção da natureza (e do mundo) distinta daquela que a Física clássica originou, alterando, inclusive, os seus critérios de objetividade. Para mantê-los, os oponentes dessa interpretação, também, em alguma medida, introduzem uma nova concepção de natureza (e de mundo), uma vez que, além de haver a necessidade de se admitir que a teoria quântica não é um conhecimento completo da "realidade" atômica, sacrificam, segundo Heisenberg, com suas interpretações a simetria "que até agora se mantém como uma característica genuína da natureza" (Heisenberg, 1987, cap. 8).

Referindo-se às formulações da Mecânica quântica que se opõem à interpretação de Copenhague, Heisenberg as analisa com argumentação idêntica às de Koyré: *"Acima de tudo, essas formulações nos mostram quão difícil é a tentativa de se inserir novas idéias em um velho sistema de conceitos associado a uma filosofia já passada - ou, fazendo-se uso de uma metáfora antiga, quando se procura encher velhas garrafas com vinho novo"* (Heisenberg, 1987, p. 106).

Do meu ponto de vista nesta tese, não há preocupação em um posicionamento frente às interpretações da Mecânica quântica. Afinal, o embate envolve físicos de porte, tais como Schroedinger, Bohm, De Broglie e Einstein, entre outros, que se opõem à interpretação de Copenhague formulada, igualmente, por físicos de não menos porte, como Bohr, Heisenberg, Born, tendo cada uma delas, em maior ou menor número, os seus adeptos.

No entanto, quer em uma como em outras, se admitem novas concepções de mundo, em distintas formulações, dado o impacto resultante das rupturas que a Mecânica quântica exige.

A produção do conhecimento científico, portanto, está intimamente vinculada à concepção de mundo que, por sua vez, é alterada, se se concordar com Koyré.

Há rupturas durante os períodos em que ocorrem revoluções científicas. Estas têm, como uma de suas características, mudanças na concepção de mundo, posição assumida entre outros por Kuhn (1975), que defende a não-linearidade na produção de conhecimento:

Não há total acordo entre as posições de historiadores da Ciência e epistemólogos quanto à evolução não-contínua da produção científica. Esta descontinuidade, no entanto, tem sido considerada, e não desvinculada da concepção de mundo vigente, no sentido de que está tanto imersa nela, como pode atuar para modificá-la.

E quanto à aquisição do conhecimento já construído? Será ela linear? Independe da visão de mundo de quem dela está se apropriando? Bachelard (1983a) analisa os "obstáculos epistemológicos" existentes durante o processo de produção científica, e faz uma importante ligação desses obstáculos com o processo de aquisição (aprendizagem), sugerindo que rupturas são necessárias tanto num como no outro caso. Para Bachelard (1983b, p. 16) há um conhecimento "vulgar" que é nitidamente rompido pelo pensamento científico contemporâneo.

Koyré também se refere a "obstáculos", ainda que não os adjective de "epistemológicos". É particularmente elucidativa a sua análise sobre o Princípio da Inércia contida em "Galileu e a Revolução Científica do Século XVII" (Koyré, 1982, p. 181).

Ao procurar localizar os motivos pelos quais os predecessores e contemporâneos de Galileu tiveram dificuldade em estabelecê-lo, Koyré afirma: *"É que eles não tinham de descobrir ou estabelecer essas leis simples e evidentes, mas de criar e construir o próprio contexto que tornaria possível essas descobertas. Para começar, tiveram que reformar nosso próprio intelecto, fornecer-lhe uma série de novos conceitos, elaborar uma idéia da natureza, uma concepção da ciência, vale dizer, uma nova filosofia. Ora, parece-nos quase impossível apreciar em seu justo valor os obstáculos que tiveram de ser vencidos para se estabelecerem aquelas concepções e as dificuldades que elas contêm e implicam, porque conhecemos muito bem os conceitos e os princípios que formam a base da ciência moderna ou, mais exatamente, porque estamos profundamente habituados a eles"* (Koyré, 1982, pp. 183-184; grifo meu).

Se, de um lado, Koyré argumenta sobre os obstáculos para a produção do conhecimento e a nossa dificuldade em dimensioná-los ou considerá-los adequadamente, de outro, não os elimina quando se preocupa com a aquisição desse conhecimento: *"De fato, mesmo em nossos dias, a concepção que descrevemos não é fácil de assimilar. O senso comum é - e sempre foi - medieval e aristotélico ... a física de Aristóteles está de acordo, muito mais do que a de Galileu, com o senso comum e a experiência cotidiana"* (Koyré, 1982, p. 185) - afirma esse autor, baseando-se tanto em sua própria análise ao longo do artigo, como em trabalhos, citados, de Duhem e Tannery (Koyré, 1982, p. 195).

A linha de argumentação de Koyré, quanto a uma postura predominantemente aristotélica do senso comum, e a ênfase que a ela se dará aqui, na



realidade não seriam necessárias, pois parecem constituir consenso entre professores de Física, pelo menos entre aqueles que militam há algum tempo no magistério.

Deve ficar claro, no entanto, que isso está sendo feito na medida em que o significado que esse fato assumirá, transcenderá, e muito, a sua simples constatação. Dentro do consenso ele pode ter vários significados, e, provavelmente, não aquele que está sendo assumido nesta tese. A postura aristotélica, podemos dizer, é um entre outros "obstáculos epistemológicos" que fundamentam a hipótese de ruptura para a formação do pensamento científico e, como tal, sua consideração não deve se basear ou se limitar apenas ao consenso e à experiência docentes. Haverá outros obstáculos epistemológicos, não tão claramente percebidos ou não tão consensuais, que igualmente limitam a formação do pensamento científico.

Podemos supor, portanto, que ao se associar o conhecimento vulgar ou conhecimento do senso comum a uma concepção de mundo do educando, esta também deve sofrer mudanças com rupturas na medida em que se pretende desenvolver a conceituação e o pensamento científicos durante o processo de aprendizagem.

Nos próximos itens deste capítulo serão procuradas algumas das características internas que qualificam as rupturas na produção do conhecimento científico. Elas se justificam na medida em que o processo de produção não prescinde o de aquisição, objeto de estudo da presente tese. Ainda que não seja possível considerar claramente as fronteiras que separam um do outro, uma vez que o processo como um todo é dialético - o cientista não adquire somente para depois produzir, mas adquire e produz conhecimento no período de sua criação - um esforço de análise se faz necessário quando a preocupação for essencialmente com o processo de aquisição do conhecimento científico sem o da sua produção, situação peculiar ao ensino introdutório de Ciências nos níveis de 1º e 2º. graus.

Assim, considerações como as de "obstáculos epistemológicos" e de "concepções de mundo", intimamente ligados à história da Ciência e à epistemologia, poderão fornecer elementos para a localização das características que qualificam as rupturas para a aquisição do conhecimento científico, sempre tendo como perspectiva o ensino introdutório.

Mas também - e exatamente porque os "obstáculos epistemológicos" e as "concepções de mundo", apesar de serem usados para uma análise da formação do pensamento científico, têm uma gênese que não está vinculada unicamente a ele -, haverá a necessidade de se considerar outros fatores externos à produção do conhecimento, tais como os de ordem sócio-religioso-antropológica e psicológica que se articulam com os "obstáculos" e "concepções" do educando das escolas de 1º. e 2º. graus.

(No capítulo II serão procuradas as características externas que qualificam as rupturas para a aquisição do conhecimento científico).

## I.2 - CONTRIBUIÇÃO EPISTEMOLÓGICA PARA UM ENFOQUE DO PROBLEMA

O problema a ser investigado está intimamente ligado à percepção da realidade, e isto do ponto de vista da gênese quer das teorias e modelos produzidos pela Ciência, quer das explicações do senso comum, que não surgem a partir do nada, no sentido que Koyré argumenta.

Deste modo, ao se pretender considerar aspectos da produção do conhecimento, nos interessam sobretudo, mais propriamente, aqueles apontados por Koyré, o que delimita o quadro de referência para tais considerações, inclusive a base epistemológica a ser adotada.

Popper lança algumas premissas que auxiliam quanto a uma definição da base mais adequada para os propósitos desta tese. Vejamos:

*"O estágio inicial, o ato de conceber ou inventar uma teoria, parece-me não reclamar análise lógica, nem dela ser suscetível. A questão de saber como uma idéia nova ocorre ao homem - trata-se de um tema musical, de um conflito dramático ou de uma teoria científica" (Popper, 1975, p. 31; grifo meu).*

Portanto, com outras palavras, Popper está localizando um dos pontos centrais da presente tese, sugerindo um caminho, na continuidade do trecho citado: *"...pode revestir-se de grande interesse para a psicologia empírica, mas não interessa à análise lógica do conhecimento científico" (Popper, 1975, p. 31; grifo meu).*

*Ainda:*

*"Quanto à tarefa que toca à lógica do conhecimento ... partirei da suposição de que ela consiste apenas em investigar os métodos empregados nas provas sistemáticas a que toda idéia nova deve ser submetida para que possa ser levada em consideração.*

*"Objetariam alguns que seria mais adequado considerar como tarefa da epistemologia a de proporcionar o que se tem chamado 'reconstrução racional'... A questão é, porém, a seguinte: o que, precisamente, desejamos reconstruir? Se forem os processos envolvidos na estimulação e produção de uma inspiração, devo recusar-me a considerá-los como tarefa da lógica do conhecimento" (Popper, 1975, p. 32; grifo meu).*

Assim, Popper, mesmo se descartando como possibilidade de referência, uma vez que não aborda como objeto de investigação, pontos a serem tratados nesta tese, reconhece a pertinência destes e, de certo modo, não exclui as considerações que Koyré faz: *"Encarando a matéria do ponto de vista psicológico, inclino-me a pensar que as descobertas científicas não poderiam ser feitas sem fé em idéias de cunho puramente especulativo e, por vezes, assaz nebulosas, fé que, sob o ponto de vista científico, é completamente destituída de base e, em tal medida, é 'metafísica'"* (Popper, 1975, p. 40; as aspas na palavra "metafísica" foram colocadas por Popper).

Popper se propõe a elaborar um conceito de ciência empírica de modo a demarcar claramente Ciência e idéias metafísicas, embora ressalte: *"Ainda que essas idéias [metafísicas] possam ter favorecido o avanço da ciência através da sua história"* (Popper, 1975, p. 40).

Inclusive, assemelha a sua posição frente à concepção de idéias novas às de Einstein ao citá-lo: *"De modo similar, Einstein fala da 'busca daquelas leis universais (...)...Não há caminho lógico' diz ele, 'que leve a essas leis (...). Elas só podem ser alcançadas por intuição, alicerçadas em algo como amor intelectual (Einfühlung) aos objetos da experiência'"* (Popper, 1975, p. 32; reticências entre parênteses são do próprio Popper).

A palavra alemã *Einfühlung*, empregada por Einstein, merece uma pequena discussão, pois é muito significativa na defesa desta tese.

A referência desta última citação está contida no livro de Popper em nota de rodapé da pág. 32: *Mein Weltbild*, de A. Einstein, 1934, p. 168, bem como a sua versão inglesa de A. Harris, *The World as I see It*, 1935, p. 125. Ao final da nota, há uma observação dos tradutores de Popper: "a palavra alemã *Einfühlung* é de difícil tradução; Harris a traduz por 'compreensão simpática da experiência'" (grifo meu).

Pode-se depreender daí um possível papel representado pela percepção na interpretação dos objetos de experiência.

É exatamente este o ponto que se faz necessário examinar para a elaboração desta tese, sobretudo porque, durante a aprendizagem, não será apenas a informação fornecida que fará o educando se apropriar de um conhecimento que exigiu para a sua criação e construção "uma compreensão simpática da experiência". Portanto, ainda que Popper não esteja preocupado com os elementos metafísicos envolvidos no processo de

criação, mas sim com critérios que demarquem as idéias científicas das não-científicas, reconhece que há fatores dessa natureza balizando a criação científica. Não se pode esquecer que Popper separa as duas instâncias: descoberta e justificação.

Whitehead sintetiza a relação entre concepção de mundo, percepção e criação científica com a seguinte afirmação: *"A nova mentalidade é ainda mais importante que a nova ciência ou a nova técnica. Alterou os pressupostos metafísicos e o conteúdo imaginativo da nossa mente; em vista disso antigos estímulos provocam novas respostas"* (Whitehead, 1951, p. 12).

Whitehead sugere, portanto, uma base epistemológica mais adequada para o exame dos aspectos da produção do conhecimento que interessam à tese, ou seja, a psicologia do conhecimento e mais especificamente a que aborda o problema da mudança de gestalt ("antigos estímulos provocam novas respostas"), um dos objetos de investigação de Kuhn em *A Estrutura das Revoluções Científicas*.

É preciso, no entanto, esclarecer o significado que a psicologia do conhecimento terá nesta tese. Será empregada no sentido utilizado por Kuhn ao se contrapor a Popper em "Lógica da Descoberta ou Psicologia da Pesquisa" (Kuhn, 1979a):

*"Quando ele (Popper) rejeita a 'psicologia do conhecimento', o seu interesse explícito é apenas negar a importância metodológica da fonte de inspiração do indivíduo ou da consciência de certeza do indivíduo.*

*"Disso não posso discordar. Vai, todavia, uma longa distância entre a rejeição dos elementos comuns induzidos pela criação e pela educação na composição psicológica de membro licenciado de um grupo científico. A dispensa de um não impõe a do outro. E isso também Sir Karl parece reconhecer às vezes" (Kuhn, 1979 a, p. 31; grifo o meu).*

Ainda se fazem necessárias outras comparações entre Kuhn e Popper, para que o embate decorrente das suas distintas posições não introduza um desnecessário ruído no exame dos pontos pertinentes a esta tese.

Os seguintes pontos de concordância interessam sobremaneira:

## Na análise de Kuhn:

- 1 - *"Ambos rejeitamos o parecer de que a ciência progride por acumulação; em lugar disso, enfatizamos o processo revolucionário pelo qual uma teoria mais antiga é rejeitada e substituída por uma nova teoria, incompatível com a anterior"* (Kuhn, 1979a, p. 6; grifo meu).
- 2 - *"Ambos enfatizamos o imbricamento íntimo e inevitável da observação com a teoria científica; conseqüentemente, somos céticos quanto aos esforços para produzir qualquer linguagem observacional neutra"* (Kuhn, 1979a, p. 6). Com referência a esta última afirmação, compare-se com a seguinte de Popper: *"... minha tese de que abordamos tudo à luz de uma teoria preconcebida"* (Popper, 1979, p. 64; grifo meu).

## Na análise de Popper:

Em "Ciência Normal e Seus Perigos", ainda que interprete a Ciência Normal com conotação distinta daquela caracterizada por Kuhn (1975), fazendo um juízo de valor desta atividade como "perigoso para a ciência" (Popper, 1979, p. 65), reconhece a sua existência:

- 3 - *"A ciência 'normal', no sentido de Kuhn, existe. É a atividade do profissional não-revolucionário, ou melhor, não muito crítico..."* (Popper, 1979, p. 64; grifo meu), fornecendo a seguinte interpretação: *"O cientista 'normal', a meu juízo, foi mal ensinado. Acredito, e muita gente acredita como eu, que todo o ensino de nível universitário (e se possível de nível inferior) deveria consistir em educar e estimular o aluno a utilizar o pensamento crítico. O cientista 'normal', descrito por Kuhn, foi mal ensinado. Foi ensinado com espírito dogmático: é uma vítima da doutrinação. Aprendeu uma técnica que se pode aplicar sem que seja preciso perguntar a razão pela qual pode ser aplicada..."* (Popper, 1979, p. 65; grifo meu).

*Mutatis mutandis* até porque a preocupação central não é o empreendimento científico nem a formação do cientista e, portanto, para os propósitos desta tese, é suficiente a constatação, mesmo com diferentes interpretações, da existência da Ciência Normal - a

descrição de Popper parece muito adequada, pelo menos ao ensino introdutório das Ciências nos níveis de 1º e 2º graus.

No entanto, mesmo assim, o problema com o ensino desses graus é mais grave do que o texto de Popper deixa transparecer. O fato de se admitir a existência da Ciência Normal implica necessariamente na adoção de paradigmas (Kuhn, 1975), para que ela seja trabalhada durante as atividades de ensino-aprendizagem e, na análise de Popper, temos o quarto ponto de concordância:

4 - "...o que o cientista 'normal' está preparado para enfrentar: é, antes, um problema de rotina, um problema de aplicação do que se aprendeu; Kuhn o descreve como um problema em que se aplica a teoria dominante (a que ele dá o nome de 'paradigma')" (Popper, 1979, p. 65).

Eis a questão!

Embora com diferentes finalidades e diferentes meios, - em termos da formação, no ensino introdutório das Ciências, é a teoria dominante, ou os *paradigmas* na visão de Kuhn, que balizam a apreensão do conhecimento, não importando mais, para o que nos interessa, as distintas interpretações dos dois pensadores.

Ora, Kuhn, ao se preocupar com a psicologia do conhecimento, enfatiza o processo de ruptura para a adoção de novos paradigmas, durante a produção de conhecimento científico.

Não tivesse o paradigma a função específica de propiciar, para Kuhn, a análise do processo de produção do conhecimento científico, poderíamos associar ao conhecimento vulgar (ou senso comum) "paradigmas" nos quais os alunos de 1º e 2º. graus se baseariam para "explicar" fenômenos e problemas quer naturais, quer tecnológicos, e a hipótese de ruptura para a aquisição do conhecimento científico também seria admitida, uma vez que os paradigmas da Ciência - novos para os alunos - teriam que ser adotados.

Não se tem dado para este fato a devida importância na educação em Ciências. Há uma hipótese implícita, não necessariamente verdadeira, de que, ao se transmitir conhecimento enquadrado por paradigmas, estes são "automática" e linearmente incorporados ao pensamento; ou então, tudo se passa como se os educandos dos 1º. e 2º. graus, ainda em formação, já os tivessem a priori, isto é, os paradigmas também são deles e o processo de ensino-aprendizagem se resume, em última análise, em fazer os alunos usá-los na solução de problemas, não importando,

neste momento, considerar se criticamente ou não. Quando não criticamente, Popper nos descreveu as consequências, ao sugerir que o aluno é "vítima da doutrinação".

E se essa hipótese, como podemos suspeitar, não for verdadeira?

Esta tese nega a hipótese que implicitamente é assumida, e lança a de que a apropriação do paradigma deve ocorrer não automaticamente nem linearmente, mas sim através de rupturas.

Assim, dois pontos precisam ser enfocados:

1º. - não se pode, por simples analogia, justapor o processo de ruptura que ocorrerá (por hipótese) com a aquisição do conhecimento científico por parte dos educandos de 1º. e 2º. graus, com o processo de produção desse conhecimento segundo a análise de Kuhn, uma vez que antes do processo de ensino-aprendizagem não podemos admitir, em princípio, que exista um (ou mais) paradigmas no sentido kuhniano norteando o senso comum;

2º. - da mesma forma que a teoria dos paradigmas, no modelo de Kuhn, justifica uma produção não-cumulativa de conhecimento, qualificando as rupturas como mudança de paradigmas, devemos procurar critérios que qualifiquem as rupturas durante a aquisição (apropriação) de conhecimento pelo educando.

Deste modo, mesmo descartando a transposição pura e simples da teoria dos paradigmas para qualificar as rupturas durante o processo de aprendizagem das Ciências a nível de 1º e 2º graus, é necessário examinar em que medida ela pode contribuir para que tais critérios possam ser obtidos.

Para este exame adotarei o seguinte posicionamento. Não excluem Kuhn como uma base epistemológica:

1º) - o reconhecimento de que a teoria dos paradigmas é ainda objeto de discussão pela comunidade de filósofos da Ciência e cientistas, não constituindo uma postura epistemológica hegemônica;

2º) - a exposição de motivos que me levaram a optar por Kuhn como uma das referências para a elaboração desta tese;

- os pontos de acordo entre Kuhn e Popper;
- o significado que terá a psicologia do conhecimento.

A seguir, efetuo o seguinte passo:

- 3º) - O reconhecimento de que, apesar de Kuhn ter tencionado usar o termo *paradigma* num sentido abrangente, mas não tão "impreciso", como ele assim se explica em "Algo Mais Sobre Paradigmas" (Kuhn, 1987, cap. XII), resultou numa diversidade de significados, como aponta o ensaio de Masterman (1979, p. 72) e no qual Kuhn reconhece a contribuição dada para a sua própria evolução, ao fazer suas "Reflexões Sobre Meus Críticos" (Kuhn 1979b, p. 285): *"...considerar o problema dos paradigmas a que o ensaio da Srta. Masterman é dedicado. Coincido com sua opinião de que o termo 'paradigma' aponta para o aspecto filosófico central do meu livro ... Nenhum aspecto do meu ponto de vista evoluiu mais desde que o livro foi escrito, e o trabalho dela ajudou esse desenvolvimento. Conquanto minha atual posição difira da dela em muitos detalhes, abordamos o problema com o mesmo espírito, incluindo uma convicção comum da importância da filosofia da linguagem e da metáfora"* (Kuhn, 1979b, p. 289).

Masterman identifica *paradigma* na obra de Kuhn com vinte e um sentidos, reunindo-os em três grupos principais, que assim denomina: *"paradigmas metafísicos ou metaparadigmas"*, *"paradigmas sociológicos"* e *"paradigmas de artefato ou paradigmas de construção"* (Masterman, 1979, p. 80).

A partir dessa interpretação de Masterman chego ao último ponto do meu posicionamento:

- 4º) - O reconhecimento de que a análise partindo da espécie denominada *"paradigmas de artefato ou paradigmas de construção"*, pode oferecer condições de, nos próximos itens, procurar estabelecer os critérios que qualifiquem as rupturas durante o processo da aprendizagem.

Segundo esta classificação temos que: *"Finalmente, Kuhn emprega a palavra 'paradigma' de modo ainda mais concreto, como verdadeiro manual ou obra clássica. Como fornecedor de instrumentos, como instrumentação real linguisticamente, como paradigma gramatical ilustrativamente, como analogia e psicologicamente, como figura de gestalt e como um baralho de cartas anômalo. Chamarei aos paradigmas dessa espécie *paradigmas de artefato ou paradigmas de construção*"* (Masterman, 1979, p. 80).



### 1.3 - ENUNCIADO DO PROBLEMA DA TESE E UMA ESTRATÉGIA PARA A SUA SOLUÇÃO

Com os pressupostos já lançados, o problema a ser investigado é enunciado mais precisamente da seguinte forma:

O ensino de Ciências Naturais tem como objetivo inserir os alunos nos paradigmas dessas ciências. Os alunos, ainda que não tenham paradigmas construídos anteriormente à educação escolar, possuem um conhecimento prevalente sobre fenômenos e situações, objetos de estudo da Ciência, e deverão incorporar os paradigmas de modo a poder interpretar tais fenômenos e situações através do conhecimento produzido pela Ciência.

A afirmação do parágrafo anterior pode ser melhor entendida através de uma analogia, apesar do perigo que as analogias possam representar. Assim, deve ficar claro que, na analogia seguinte, não há nenhuma entre: futebol e Ciência, jogador profissional de futebol e cientista, público adepto de partidas de futebol e alunos em formação dos 1º e 2º. graus. A analogia se refere às situações que envolvem essas duas atividades humanas.

Isso posto, a analogia é a seguinte:

O fato de que o torcedor de futebol "entenda" deste esporte não significa que ele deva ser um jogador profissional de futebol. Admirar e divertir-se com este esporte, por si só, significa que, de algum modo, incorporou as suas regras, a função dos participantes do jogo - não só os jogadores e suas posições, mas a do juiz, dos bandeirinhas, do técnico - como também os aspectos institucionais, isto é, o clube, as federações esportivas e suas normas, campeonatos de pontos para classificação. (No Brasil, esse nível de entendimento é tal que se afirma haver tantos técnicos de futebol quanto o número da população brasileira!)

A situação é bem diferente se nos reportarmos ao beisebol, um esporte tradicionalmente não-popular no Brasil, ou pelo menos não tão popular quanto o futebol. Caso venha a popularizar-se, será preciso que seus futuros espectadores e torcedores se tornem jogadores profissionais de beisebol para "entendê-lo", da mesma forma que entendem futebol? Obviamente a resposta é não, pois isto não acontece com

o futebol e nem com o beisebol nos países (EUA e Japão, sobretudo) onde é muito popular.

O fato de "formar" pessoas para o entendimento do beisebol, como qualquer outro esporte, não implica na necessidade de "formá-las" para jogá-lo profissionalmente. Mas é preciso que, de algum modo, suas regras, a função dos participantes e os aspectos "institucionais" do esporte sejam incorporados, senão nenhum sentido fará uma partida de beisebol para o espectador que não as tenha incorporado.

Quando me refiro à introdução do aluno de 1º. e 2º. graus nos paradigmas da Ciência, é com um sentido semelhante ao descrito em relação aos espectadores daqueles esportes.

O paradigma é trabalhado pela comunidade específica, mas os não-participantes dessa comunidade devem ser introduzidos ao paradigma, para entender não só o que ela faz e como faz, mas também o que é a própria comunidade. Caso contrário, teríamos que admitir que o ensino introdutório de Ciências nos 1º. e 2º. graus é inconsequente e em nada contribui para a formação cultural e intelectual do cidadão, quer ele venha a ser ou não um cientista.

Esta tese defende que há uma limitação - mas não impossibilidade - para a inserção ao paradigma, e que ela pode ser superada pela ocorrência de rupturas durante a apreensão do objeto de estudo.

Pelo modelo kuhniano a adoção pela comunidade científica de um paradigma novo ocorre através de rupturas, dada a incomensurabilidade entre o antigo e o novo paradigma, o que constitui um forte motivo para trabalhar a hipótese de que a aquisição de conhecimento científico pelos alunos do 1º. e do 2º. graus deve ocorrer também através de rupturas. Haverá, portanto, limitação para a formação científica desses alunos se o processo educativo não puder garantir que o coletivo dos alunos possa realizar a ruptura adquirindo o paradigma.

O fato de que ela possa ter ocorrido naqueles que tiveram uma formação científica, independentemente de as rupturas terem sido explicitadas, não invalida o exame das características que as qualifiquem e nem tampouco invalida a proposta de um modelo didático-pedagógico que as considere explicitamente. A preocupação desta tese é motivada exatamente por aqueles que, mesmo tendo frequentado e sido graduados pelas escolas de 1º. e 2º. graus, não conseguiram incorporar um mínimo de formação científica capaz de se tornar um instrumento cultural para a sua própria compreensão e interpretação, bem como a sua atuação como cidadão frente às situações criadas pela sociedade científica e tecnológica que vem caracterizando o

século XX, e, se nenhuma catástrofe nuclear ou de outro tipo ocorrer, continuará sendo a tônica do século XXI. É imperioso, portanto, que se prepare o futuro cidadão com um mínimo de competência cultural para entender, situar-se e interpretar a sociedade científica e tecnológica em que vive e viverá. Não se pode esperar que a veiculação de conhecimentos científicos, sobretudo contemporâneos, seja feita apenas pelos meios de comunicação de massa, ficando a educação e a escola a seu reboque. Se um mínimo de formação científica e não apenas informações científicas não estiver sendo garantido durante o período de escolarização, aquela veiculação de conhecimentos, provavelmente, pouca ressonância terá para o cidadão comum, que apesar de tudo convive, usufrui e padece com esses conhecimentos e suas aplicações, correndo-se o risco de incrementar ainda mais a visão mítica da Ciência.

O exame de algumas características (ou qualidades) dos paradigmas, principalmente daqueles classificados por Masterman como "paradigmas de construção ou artefatos", constitui o "ponto de inversão" (da produção para a aquisição) que poderá permitir a obtenção da qualidade das rupturas no processo de aquisição de conhecimento científico durante a formação dos educandos de 1º. e 2º. graus.

Aquelas características orientarão a escolha e análise das outras do senso comum que permeiam o conhecimento prevalente do educando, de modo que se possa estabelecer alguma relação entre as qualidades das rupturas, ainda que não entre paradigmas, mas entre as características dos paradigmas a serem incorporados e as do conhecimento vulgar.

#### **1.4 - PARADIGMAS E PRINCIPAIS ELEMENTOS DA MATRIZ DISCIPLINAR**

Muito do que será considerado implicitamente sobre paradigmas advém da exposição inicialmente feita por Kuhn em *A Estrutura das Revoluções Científicas*, uma vez que foi a partir dela que amadureci o problema das rupturas; no entanto, a interpretação que utilizarei para enfrentar o problema da tese é mais precisamente aquela que o próprio Kuhn (1975) fornece no posfácio da edição de 1969 dessa mesma obra e em "Algo Mais Sobre os Paradigmas" (Kuhn, 1987, p. 317).

Nesses dois trabalhos, como consequência das análises e debates realizados pela comunidade de cientistas e filósofos da Ciência sobre a sua concepção, Kuhn procura dar como que um ajuste fino à sua proposta sobre a construção do conhecimento científico, ao mesmo tempo que responde a algumas das críticas.

Há uma circularidade no termo paradigma que introduz dificuldades para análise:

*"Um paradigma é aquilo que os membros de uma comunidade partilham e, inversamente, uma comunidade científica consiste em homens que partilham um paradigma ... é uma fonte de dificuldades reais" (Kuhn, 1975, p. 219; grifo meu).*

Para dirimi-la Kuhn passa, nos trabalhos mencionados, a atribuir dois sentidos aos paradigmas.

Alertando que nem todas as circularidades são viciadas, Kuhn aponta e fundamenta alguns critérios que permitem identificar e isolar uma comunidade particular de especialistas caracterizando-a primeiramente e só após se perguntaria o que essa comunidade partilha. Afirma que o que é partilhado por seus membros (já devidamente identificados por outros critérios, que não seja o do paradigma) de modo a explicar a existência de uma "relativa abundância de comunicação profissional" e "relativa unanimidade de julgamentos profissionais" é um paradigma ou um conjunto de paradigmas, conforme a análise que havia feito na versão original do livro desse autor (Kuhn, 1975, p. 226).

No entanto, ainda que seja esse um dos dois sentidos que, nesse refinamento, ele atribui ao paradigma, considera-o inapropriado. (Kuhn, 1975, p. 226). *"Este é um dos sentidos principais que o termo tem no livro. Para este, poderia adotar agora a notação 'paradigma', mas se fará menos confusão denotando-o com a frase 'matriz disciplinar'" (Kuhn, 1987, p. 321; tradução minha).*

Deste modo, ao procurar evitar a viciosidade da definição circular do paradigma, Kuhn, partindo da análise do trabalho efetivo de uma comunidade científica, reinterpreta e identifica o seu primeiro sentido de paradigma, ou seja, o de matriz disciplinar: *"disciplinar' porque se refere a uma posse comum aos praticantes de uma disciplina particular; 'matriz' porque é composta de elementos ordenados de várias espécies, cada um deles exigindo uma determinação mais pormenorizada" (Kuhn, 1975, p. 226).*

É da análise dos elementos dessa matriz que pretendo procurar uma solução ao problema que formulei, conforme a estratégia traçada.

A matriz disciplinar estrutura o compromisso de um grupo de especialistas, que na versão original Kuhn designava como paradigmas, partes de paradigmas ou paradigmáticos. Os seus elementos, portanto, articulam-se entre si, mantendo um inter-relacionamento e formando um todo que funciona em conjunto (Kuhn, 1975, p. 227).

Kuhn classifica os principais componentes da matriz disciplinar: generalizações simbólicas, exemplares, partes metafísicas dos paradigmas e valores.

### GENERALIZAÇÕES SIMBÓLICAS

São as expressões empregadas sem discussão pelos membros do grupo, podendo ser expressas numa forma lógica (Kuhn, 1975, p. 227). Kuhn as subdivide em duas categorias:

1º. - as expressões lógicas apresentadas formalmente através de símbolos, tais como  $f = ma$ ,  $I = V/R$ ;

2º. - as expressas em palavras: "os elementos combinam-se numa proporção constante aos seus pesos" ou "a uma ação corresponde uma reação igual e contrária".

Kuhn argumenta que sem essas expressões os membros do grupo não teriam pontos de apoio para a resolução de enigmas (quebra-cabeças), ou dos problemas, específicos da competência do grupo, que este se propõe a investigar.

As generalizações simbólicas assemelham-se a leis da natureza, mas possuem simultaneamente uma segunda função. Na interpretação de Kuhn, de modo mais frequente, as *"generalizações simbólicas funcionam em parte como leis e em parte como definições de alguns dos símbolos que empregam"* (Kuhn, 1975, p. 228). Como por exemplo a segunda lei de Newton na forma  $f = ma$ , ressaltando que o equilíbrio entre suas forças legislativas e definidoras muda com o tempo. O compromisso com uma lei, que pode ser gradualmente corrigida, diferentemente de definições que são tautologias, não é o mesmo (Kuhn, 1975, p. 228).

As generalizações simbólicas, na classificação de Masterman, podem ser interpretadas como fazendo parte do que ela denomina paradigmas de artefatos ou paradigmas de construção. É o que Masterman, a partir do estudo textual da obra de Kuhn, identifica como o sentido-3 do paradigma. Os outros dois são por ela classificados como: sentido-1 (filosófico) - paradigmas metafísicos ou metaparadigmas; sentido-2, (sociológico) (Masterman, 1979, p. 80).

A análise e discussão dessa classificação leva Masterman a procurar uma quebra na circularidade do paradigma. Sua argumentação é que o sentido-2 (sociológico) do paradigma não quebra a circularidade, uma vez que: *"primeiro definimos o paradigma como realização já concluída; depois, de outro ponto de vista,*

*descrevemos a realização como construída em torno de um paradigma já existente"* (Masterman, 1979, p. 84).

Prosseguindo, Masterman afirma que durante o empreendimento de uma ciência nova, quando ainda não há uma realização científica concreta já conhecida ou um conjunto de hábitos já estabelecidos, o paradigma no sentido sociológico ainda não está definido. Pergunta, então: como sabemos que durante o empreendimento de uma ciência nova estamos procurando paradigmas e não outras coisas?

Sua resposta remete ao sentido-1, ou seja, o filosófico: *"É evidente que o sentido primário de paradigma tem de ser filosófico, e o paradigma tem de existir antes da teoria (Masterman, 1979, p. 85).*

Justifica-o, além de ter localizado esse sentido no texto de Kuhn, com a argumentação de que numa ciência nova, enquanto falta a teoria formal há muita atividade científica que dirige a escolha do momento em que valerá a pena construí-la.

*"A alternativa é 'continuar como estamos indo agora'; isto é, com algum truque, ou técnica embrionária, ou imagem, e um discernimento da sua aplicabilidade nesse campo. E é esse truque, mais esse discernimento que, juntos, constituem o paradigma. A metafísica explícita (o que o próprio cientista denomina 'a filosofia' ou 'gás', a mais plena inovação matematizante, os processos experimentais mais desenvolvidos - todas essas coisas cujo conjunto, no depois, virá a ser a 'realização científica concreta estabelecida' - quase sempre aparecem muito depois do truque-prático-inicial, que trabalha o suficiente para que a sua escolha incorpore uma visão potencial, isto é, depois do primeiro teste do paradigma. De fato, na ciência genuína e viva, o próprio esforço para estabelecer uma 'realização científica concreta' precisa justificar-se. Para que a teoria resultante (e/ou a técnica mais exata e dispendiosa) seja aceitável, é preciso que ela permita a obtenção de resultados que não se poderiam obter de outra maneira.. Assim, o problema real na obtenção de uma filosofia da nova ciência consiste em descrever filosoficamente o truque ou o expediente original em que se funda o paradigma sociológico (isto é, o conjunto de hábitos)" (Masterman, 1979, p. 85; grifo meu).*

Deste modo, quebrando a circularidade do paradigma ao identificar o seu sentido filosófico e a relação deste com os outros dois, Masterman procurará não mais responder o que é um paradigma, mas o que faz um paradigma, concluindo, a partir da

premissa da existência da Ciência Normal, que o fundamental é o sentido de construção de paradigma.

*"Pois só com um artefato se podem solucionar enigmas"* (Masterman, 1979, p. 85). Obviamente o sentido do termo "truque" não pode ser interpretado como pejorativo ou algo enganoso, à maneira daquele feito pelo mágico de circo, mas sim com o seu caráter de engenhosidade e criatividade, sem o da espirtuosidade e do deslumbramento. O termo "truque" empregado por Masterman, segundo interpreto, insere-se naquilo que Einstein denominou de *Einfühlung* - compreensão simpática dos objetos de experiência.

Neste sentido vale a pena usar a interpretação de Masterman quanto ao imbricamento dos seus três sentidos do paradigma e aplicá-la numa breve retrospectiva tanto da teoria da gravitação como da Mecânica quântica.

Antes da síntese newtoniana, que tem como um dos seus pontos culminantes a teoria da gravitação universal, como foi trabalhado o modelo heliocêntrico?

#### *A contribuição de Copérnico*

"Truque" - Terra com movimento de rotação orbitando em torno do Sol.

Deixando de lado a argumentação escolástica contrária e dominante no período da sua proposição, que evidências observadas justificariam este "truque"?

Não havia nenhuma, pelo menos na opinião de Russell: *"Copérnico não estava em condições de apresentar qualquer prova concludente a favor de sua hipótese e, durante longo tempo, os astrônomos a rejeitaram"* (Russell, 1967, p. 49).

É de se notar que a contribuição de Tycho Brahe permitiu a Kepler a formulação de suas leis mais de meio século após a hipótese de Copérnico sobre o modelo heliocêntrico, mas no entanto o próprio Brahe não admitiu o modelo, criando um "híbrido".

Discernimento - Apesar de ainda usar epiciclos, em Copérnico há um "sistema" único e não explicações ad hoc como no modelo ptolomaico. *"Na teoria ptolomaica cada planeta é considerado isoladamente, e é traçado um conjunto de círculos para explicar totalmente os seus fenômenos'... A simples hipótese do simples movimento da Terra, rotação diária e revolução anual, é suficiente para eliminar estes aspectos inexplicados, e mesmo para explicar por que são necessários nas construções ptolomaicas. A mesma hipótese também*

serviu para explicar os movimentos de oriente para ocidente dos planetas, e o fato de Mercúrio e Vênus nunca aparecerem para além de um certo deslocamento angular do Sol" (Lacey, Lições de Copérnico, apud Zanetic, 1989, p. 26).

Russell (1967) atribui dois méritos aos fundadores da ciência moderna: "imensa paciência na observação e grande audácia na formulação de hipótese", e que não eram simultaneamente presentes nos pensadores anteriores, mas: "Copérnico, como seus grandes sucessores, possuiu os dois. Soube tudo o que se podia saber, com a ajuda dos instrumentos existentes em sua época, acerca dos movimentos aparentes dos corpos celestes na esfera celeste, e percebeu que a rotação diurna da Terra era uma hipótese mais econômica que a revolução de todas as esferas celestes" (Russell, 1967, p. 48; grifo meu).

O "gás" ou metafísica - A simplicidade da natureza: "Seguimos assim a natureza, que nunca produz nada vão ou supérfluo, preferindo muitas vezes dotar uma causa com muitos efeitos" (Copérnico, citação contida em Bernal, 1983, Vol. 2, p. 404), aliado a uma "Atmosfera ... (que) poderia ser descrita antes como pitagórica. Aceita como axiomática a teoria de que todos os movimentos celestes devem ser circulares e uniformes e, como os gregos, deixa-se influenciar por motivos estéticos" (Russell, 1967, p. 46; grifo meu).

#### A contribuição de Kepler

"Truque" - Modelo heliocêntrico, as três leis de Kepler, tendo a primeira, na opinião de Russell, representado um papel importante do ponto de vista filosófico, mesmo para os adeptos do modelo heliocêntrico: "... era fácil supor que há algo 'natural' num círculo, mas não numa elipse. Assim, muitos preconceitos profundamente arraigados tiveram de ser removidos, antes de que a primeira lei de Kepler pudesse ser aceita. Nenhum antigo - nem mesmo Aristarco de Samos - havia antecipado tal hipótese" (Russell, 1967, p. 51).

Discernimento - Os dados de Tycho Brahe mostravam que não podia ser inteiramente exata a forma dada por Copérnico ao heliocentrismo, ainda que, como ressalta Russell, a primeira lei só pudesse, no tempo de Kepler, ser provada no caso de Marte, sendo que as observações relativas aos outros planetas, embora compatíveis com as três leis, não o eram de modo a estabelecê-las definitivamente (Russell, 1967, p. 50).

O "gás" ou metafísica - Kepler era também influenciado pelo pitagorismo e "mais ou menos fantasiosamente, inclinava-se ao culto do Sol... Estes motivos lhe davam, sem



*dúvida, certa propensão a favor da hipótese heliocêntrica. Seu pitagorismo também o inclinava a seguir o Timeu de Platão, na suposição de que a significação cósmica devia estar ligada aos cinco sólidos regulares. Ele os usava para propor hipóteses de acordo com a sua opinião..." (Russell, 1967, p. 50).*

### A contribuição de Galileu (para a teoria gravitacional)

**"Truque"** - Modelo heliocêntrico; inércia, lei da queda dos corpos, telescópio

**Discernimento** - Com a abstração da inércia pode-se explicar o que até então era considerado um enigma na proposta de Copérnico. Com o movimento atribuído à Terra, uma pedra em queda do topo de uma torre deveria afastar-se do pé da torre, pois durante a queda a Terra está se movendo; fato não observado. Galileu introduz a idéia de "movimento compartilhado", ou seja, não se podia distinguir o movimento que era comum à torre, à pedra, à Terra e ao observador. Só o deslocamento vertical, não-comum, não-compartilhado, era visível. Com a concepção da lei da inércia pode-se explicar que a pedra, ao ser solta, possui como velocidade inicial a mesma que é dada para a de rotação da Terra e, portanto, igual à velocidade de rotação de tudo o que se encontra na sua superfície, se bem que as velocidades lineares não fossem as mesmas. Com a lei da queda, Galileu pôde abstrair tanto a irrelevância da massa do corpo como a aceleração constante durante a queda, ainda que a prova da lei só pudesse ser feita posteriormente com o invento da bomba de ar, quando então o efeito da resistência do ar pode ser minimizado. Com o telescópio, pôde observar a imperfeição do solo lunar, "derrubando" a concepção de "esferas perfeitas" que se atribuíam aos corpos celestes, e os satélites de Júpiter, descortinando a possibilidade de que, além da Terra, houvesse outro "centro" no universo. Tais contribuições colaboravam para o discernimento de que o modelo heliocêntrico tivesse aplicabilidade.

**O "gás" ou metafísica** - Um dos fundadores da Ciência moderna, Galileu defendeu uma postura distinta da anteriormente admitida frente ao objeto do conhecimento. As conclusões e interpretações sobre os fenômenos naturais deveriam ser referenciadas na observação e experimentação, e não somente da leitura e análise dos textos filosóficos, como até então defendiam os adeptos da escolástica. (No capítulo.II aprofundarei a análise das contribuições de Galileu.)

Parece, portanto, que a afirmação de Masterman, de que a existência de paradigmas e o imbricamento dos três sentidos destes, por ela atribuído, seja anterior à teoria formal e algo mais do que apenas a teoria, faz sentido; pelo menos para o caso da teoria da gravitação.

Vejamos uma retrospectiva que culminou com a formação da Mecânica Quântica. Do ponto de vista da metafísica, ainda que a formulação, quer de Heisenberg, quer de Schroedinger, tenha levado à exigência de profundas alterações nos aspectos filosóficos que subjazem à Física clássica, conforme discutido anteriormente, podemos dizer que as várias contribuições que serão citadas assentam-se, basicamente, sobre a mesma de Galileu, desde que o sentido metafísico do paradigma fora estabelecido pela prática da Física clássica, interpretando-a agora como Ciência Normal. O discernimento da aplicabilidade está relacionado à necessidade de explicar observações e experimentos (ano malos), com a exceção de Broglie, cujo discernimento partiu de critérios de "simetria".

### A contribuição de Planck

"Truque" - Quanta e a constante de Planck ( $h$ )

Sobre este "truque", Segré nos diz: *"O tónus do trabalho inicial de Planck - e mesmo do trabalho posterior - dá a impressão de que a quantização era para ele pouco mais que um artifício de cálculo"* (Segré, 1987, p. 90; grifo meu).

É também muito significativa a que segue de Heisenberg: *"Tão nova era a idéia de que a energia radiante somente pudesse ser emitida e absorvida em quantidades discretas que não havia como introduzi-la na estrutura tradicional da Física. Uma tentativa feita por Planck, a fim de reconciliar sua nova hipótese com as leis da radiação conhecidas, malogrou em seus pontos essenciais"* (Heisenberg, 1987, p. 30).

Discernimento - Explicação para o espectro de radiação observado para o corpo negro. As tentativas anteriores de explicação para a distribuição de energia do espectro de

radiação do corpo negro, com base nas leis da Física clássica, não conseguiram resolver o problema.

O "gás" ou metafísica - *"Planck idolatrava o absoluto e o corpo negro era o absoluto"* (Segré, 1978, p. 72). No entanto, para além desta sua idiossincrasia e de sua contribuição revolucionária, Planck, compartilhando dos paradigmas da Física clássica, era *"um conservador em sua maneira de ver as coisas"*; segundo interpretação de Heisenberg (1987, p. 30).

É o próprio Planck quem afirma, em 1931, sobre como tinha inventado "algo tão incrível como a teoria dos quanta": *"Foi um ato de desespero. Durante seis anos fiquei lutando com a teoria dos corpos negros. Era preciso que eu descobrisse uma explicação teórica a qualquer preço que não fosse a inviolabilidade das duas leis da termodinâmica"* (Planck, apud Segré, 1987, p. 78).

E ainda, no final da sua vida, faz o seguinte comentário: *"Minhas tentativas inúteis no sentido de conciliar de alguma forma o quantum elementar com a teoria clássica prosseguiram durante muitos anos e me custaram um grande esforço. Muitos dos meus colegas viram nisso quase que uma tragédia, mas o meu enfoque era diferente porque o profundo aperfeiçoamento de meus conceitos, resultantes desse trabalho, significou muito para mim. Agora tenho certeza de que o quantum de ação tem um significado muito mais fundamental do que eu imaginava antes"* (Planck, apud Segré, 1987, p. 78).

#### A contribuição de Einstein (para a Mecânica quântica):

"Truque" - Quanta, constante de Planck e fóton.

A utilização por Einstein da hipótese de Planck introduziu uma contradição ao interpretar a luz como ftons, uma vez que os fenômenos de difração e interferência só podiam ser explicados pelo modelo ondulatório da teoria eletromagnética de Maxwell. *"Ele (Einstein) simplesmente encarou a contradição como algo que provavelmente seria entendido somente muito tempo depois"* (Heisenberg, 1987, p. 31).

Discernimento - Explicação para o efeito fotoelétrico e do calor específico dos sólidos. A teoria eletromagnética não podia explicar que a emissão de elétrons pela incidência de radiação não dependesse da intensidade da radiação, mas tão-somente da sua frequência; Einstein pôde explicar a emissão adotando a hipótese de Planck, segundo a qual a energia da radiação incidente é quantizada, isto é, a energia de um único

quantum é dada pelo produto da constante  $h$  pela frequência da radiação. Para o calor específico dos sólidos, que medido a baixas temperaturas não podia ser explicado com a teoria então existente, Einstein também adotou a hipótese de Planck, aplicando-a às vibrações elásticas dos átomos em corpos sólidos.

O "gás" ou metafísica - Diferentemente da posição inicialmente assumida por Planck quanto ao significado da quantização da energia, *"para Einstein, era um fenômeno fundamental: em particular, a luz, isto é, o próprio campo eletromagnético é quantizado. Naturalmente a quantização apresenta enormes dificuldades de se tentar conciliá-la com fenômenos de propagação da luz. Em vez de fugir desses problemas, Einstein reconheceu sua natureza fundamental e nunca deixou de meditar sobre eles ..."* (Segré, 1987, p. 90).

Antes de prosseguirmos no relato de outras contribuições à Mecânica quântica, uma outra observação de Segré deve ser citada, uma vez que corrobora a afirmação de Masterman quanto ao paradigma de uma "ciência nova":

*"O êxito desses conceitos (h, energia quantizada, fóton) serviu para despertar mais interesse ainda pelas conceituações quânticas, que ainda se restringiam a um círculo muito reduzido de iniciados."* (Segré, 1987, p. 93).

#### A contribuição de Bohr

"Truque" - Quanta, constante de Planck, estados discretos estacionários de energia e salto quântico.

A imposição de emissão quantizada de energia exigiu que a teoria eletromagnética de Maxwell fosse negada para o domínio atômico. O próprio Bohr assim se expressa no seu primeiro artigo, em que apresenta as hipóteses: *"O caráter preliminar e hipotético das considerações acima não precisa ser enfatizado. A intenção, entretanto, foi mostrar que a generalização esboçada da teoria dos estados estacionários poderá talvez proporcionar uma base simples de representação de um bom número de fatos experimentais, que não podem ser explicados com a ajuda da eletrodinâmica comum ..."* (Bohr, apud Segré, 1987, p. 131).

As hipóteses de Bohr, segundo Segré, levam "a um labirinto do qual parece impossível escapar".

**Discernimento** - O modelo nuclear de Rutherford não era compatível com a estabilidade observada da matéria, uma vez que os elétrons, orbitando em torno do núcleo, deveriam emitir radiação, segundo a teoria eletromagnética, perdendo energia e consequentemente colapsando com o núcleo, e assim dando instabilidade à matéria. Bohr, ao adotar a hipótese de Planck, limita a emissão de radiação apenas durante a transição entre estados estacionários, descartando a teoria eletromagnética clássica. Com seu modelo pôde, em alguns casos, dar interpretação teórica aos espectros de linhas observados.

**O "gás" ou metafísica** - O uso, novamente, do *Einführung*, será útil para a compreensão do "truque" e do seu "gás", numa citação do próprio Einstein: *"Que esse fundamento inseguro e contraditório foi suficiente para permitir, a um homem dotado do instinto e da capacidade de percepção singulares como os de Bohr, a descoberta das grandes leis das linhas espectrais e das camadas de elétrons do átomo, bem como o seu significado para a química pareceu-me um milagre e ainda hoje me parece um milagre. Essa é a mais elevada forma de musicalidade na esfera do pensamento"* (Einstein, apud Segré, 1987, pp. 127 e 128).

Segré, por sua vez, atribui a saída de Bohr do "labirinto" ao uso que fez do princípio da correspondência para um caso específico, segundo o qual, para grandes órbitas as suas hipóteses e a teoria clássica dão o mesmo resultado:

*"Trata-se de um caso específico do chamado princípio de correspondência, que mostra como passar de sistemas macroscópicos para sistemas microscópicos. Esse princípio foi formulado de muitos modos e elaborado de todas as maneiras possíveis antes da descoberta da mecânica dos quanta. É bastante útil como um guia para a intuição, mas não pode ser formulada rigorosamente como, por exemplo, os princípios da termodinâmica. Pode, isso sim, ser descrito, com algum exagero, como forma de dizer que 'Bohr teria agido dessa maneira'"* (Segré, 1987, p. 129; grifo meu):

Vale a pena, nesta altura, introduzir a afirmação de alguns físicos sobre os artigos de Bohr, uma vez que as "revoluções científicas" são caracterizadas como mudança de paradigmas:

*"Lord Rayleigh fez o seguinte comentário: 'Já dei uma olhada, mas vi que não seriam úteis para mim. Não digo que não se possam fazer descobertas dessa forma. Acho*

até muito provável. Mas não servem para mim...O. Stern e M.V. Laue, que depois iriam fazer tanto pelo aperfeiçoamento das idéias de Bohr, estudaram o documento e afirmaram que, se por acaso estivesse correto, abandonariam a física." (Segré, 1987, pp. 132-133).

Dirac, no entanto, assume outra postura: "Eu tinha grande admiração por Bohr. A meu ver, foi o mais profundo pensador que já conheci. Seus conceitos eram de um tipo, diria eu, relativamente filosóficos. Nem sempre eu os entendia, embora fizesse o possível...grande parte dos conceitos de Bohr eram de caráter genérico e até certo ponto mais afastados da matemática. Mas, mesmo assim, eu me sentia feliz em ter esse estreito relacionamento com ele e...não tenho certeza quanto e até que ponto o fato de ouvir todos aqueles conceitos não influenciou minha obra" (Dirac, apud Segré, 1987, p. 134).

### A contribuição de De Broglie

"Truque" - Associa ao movimento de uma partícula uma onda com comprimento de onda, dado pela razão entre a constante de Planck  $h$ , e o momentum da partícula.

Com isso procura estender o dualismo onda-partícula, que vinha sendo utilizado para interpretar a luz, para as partículas elementares.

Segré faz o seguinte comentário a respeito do "truque" De Broglie: "A Sorbonne ficou embaraçada, pois ninguém ali sabia como avaliar a tese. Parte do julgamento foi o seguinte: 'Elogiamo-lo por ter empenhado, com notável competência, um esforço que tinha de ser envidado para que se superassem as dificuldades que estavam abalando os físicos'" (Segré, 1987, p. 157).

Discernimento - Na própria formulação de De Broglie temos: "Por um lado, a teoria quântica da luz não pode ser considerada satisfatória visto definir a energia de um corpúsculo de luz pela equação  $E = hf$  contendo a frequência  $f$ . Mas uma teoria puramente corpuscular não contém nada que nos permita definir uma frequência; portanto, é somente por essa razão que somos compelidos, no caso da luz, a introduzir simultaneamente a idéia de corpúsculo e a idéia de periodicidade. Por outro lado, a determinação do movimento estável dos elétrons no átomo introduz números inteiros; e até esse ponto, os únicos fenômenos que envolvem números inteiros em física são os da interferência e dos tons normais de vibração. Este fato sugeriu-me a idéia de que os elétrons também não podiam ser considerados simplesmente como corpúsculos, mas que também a periodicidade lhes deve ser atribuída" (De Broglie, apud Segré, 1987, p. 155).

Em 1921-1923 os fenômenos de interferência produzidos por ondas de elétrons já tinham sido observados, mas não reconhecidos como tal. Em 1925, Elsassser, após ter lido o trabalho de De Broglie, explicou essas interferências como difração de elétrons, mas "a prova experimental objetiva" só foi obtida por Davisson e Germer em 1927 e por G. P. Thomson (Segré, 1987, pp. 156 e 157).

Parece, portanto, que a aplicação da interpretação de Masterman, quanto ao paradigma e a sua constituição durante o empreendimento de uma "ciência nova", quando não existe ainda a teoria formal, à Mecânica quântica, também é possível.

Kuhn (1975, pós-fácio), ao refinar sua teoria propondo a matriz disciplinar, parece se utilizar da análise de Masterman, ao definir os seus elementos. As generalizações simbólicas e os exemplares enquandram-se na classificação de Masterman, como paradigma do sentido-3, o de construção ou de artefato.

Antes de se analisar o elemento "exemplares" da matriz, ao qual Kuhn atribui o seu segundo sentido de paradigma, uma discussão mais detalhada das generalizações simbólicas será realizada com o intuito de localizar algumas das suas características, uma vez que o objetivo é procurar indicativos que permitam localizar as características do conhecimento vulgar com as quais se estabelecerá alguma relação com aquelas das generalizações simbólicas.

Uma questão crucial do conhecimento científico, e que é o ponto fundamental abordado por Kuhn, assenta-se no que Ullmo (1976, p. 623) denomina de "paradoxos do conhecimento científico". O mundo físico que esse conhecimento pretende conhecer é um mundo objetivo, autônomo e indiferente à nossa situação particular e à nossa existência (Ullmo, 1976, p. 623). Mas esse mundo exterior se apresenta a nós através de sinais com os quais o captamos, identificamos e interpretamos. Há, portanto, uma forma de interação, entrando em cena a relação de uma parte do mundo com o homem. Para Ullmo este é o primeiro paradoxo, ou seja: o objeto é exterior a nós, independente de nós, e no entanto só o conhecemos na medida em que de alguma maneira o integramos à nossa existência, através dos sentidos ou da extensão aprimorada destes, os instrumentos. A atividade científica consiste em trabalhar este paradoxo (Ullmo, 1967, p. 623).

Evidentemente que, no âmbito do conhecimento vulgar, esse paradoxo não é trabalhado. O cidadão não-cientista não se propõe a interpretar os fenômenos a partir dos critérios e categorias que o cientista utiliza, mas nem por isso a interação sujeito-mundo físico deixa de existir, inclusive aquela que leva a um conhecimento...vulgar.

O modelo kuhniano se ocupa daquela interação homem-parte do mundo que resulta no conhecimento científico do objeto de estudo. Ela, na proposição de Kuhn, ocorre através do paradigma ou mais precisamente com o seu primeiro sentido, a matriz disciplinar. O modelo também se ocupa da (r)evolução temporal desta interação.

As generalizações simbólicas, como um dos elementos da matriz, estão relacionadas com um segundo paradoxo do conhecimento científico. Elas envolvem definições, conceitos e leis advindos desta interação.

No entanto, segundo Ullmo, a experiência apenas fornece um fluxo de fenômenos no tempo e, mesmo que se reconheçam os objetos, estes têm uma historicidade, sendo a sua permanência relativa. É a nossa linguagem que os fixa; nossa razão só se contenta através de idéias intemporais, ou seja, a permanência para além das mudanças (Ullmo, 1967, p. 623).

Sabe-se, da história da Ciência, que mesmo essa "intemporalidade" das idéias a que Ullmo se refere é relativa, mas a tentativa de atacar o segundo paradoxo tem como consequência o primado da razão em abstrair dos fenômenos naturais - que rigorosamente não se repetem em todos os detalhes, mas que a experimentação permite estabelecer as condições da observação - o que se repete dentro daquilo que muda sem cessar. Para Ullmo esta repetição exige que a Física teórica matematize a natureza, o que ocorre através do que ele denomina de "relações repetitivas" (Ullmo, 1967, p. 624).

A análise das "relações repetitivas" fornece condições de obter algumas das características das generalizações simbólicas consideradas sob um ângulo complementar, que serão úteis no cotejamento futuro com as características do conhecimento vulgar.

Uma delas constitui o que Ullmo denomina de primeiro obstáculo ao empreendimento científico: *"...é necessário encontrar inicialmente as grandezas que figurarão nas relações repetitivas: elas não são dadas, elas devem ser procuradas"* (Ullmo, 1967, p. 627; tradução minha).

Como exemplo, retomemos as leis de Kepler.

Da proposição copernicana poderiam surgir relações repetitivas que envolveriam apenas raios  $R$  de circunferência e não distâncias médias Sol-planeta, ou semi-eixos de elipses, além dos períodos  $T$  de translação dos planetas em torno do Sol. As equações de elipse (1<sup>a</sup>. lei), a constância da velocidade areal (2<sup>a</sup>. lei) e a constante



da relação  $T^2/R^3$  ( $R$ , distância média Sol-planeta) que só pode ser interpretada com a teoria da gravitação de Newton, bem como as próprias leis de Kepler, envolveram grandezas que não eram "dadas"; elas foram "encontradas" por Kepler, como as próprias relações repetitivas em que são simbolizadas, ao analisar e interpretar os dados tabelados das observações de Tycho Brahe.

Deste mesmo exemplo uma outra característica das relações repetitivas pode ser explorada. É o seu caráter definidor das grandezas nelas relacionadas, o que Kuhn denomina aspectos "legislativos e definidores" das generalizações simbólicas. A segunda lei, por exemplo, envolve ao mesmo tempo a constância (lei) e a definição ou conceituação de velocidade areal.

Ullmo explora outros exemplos: corpos em movimento submetidos a fios tracionados numa máquina de Atwood onde se mantém a tração constante; e um mesmo corpo com deslocamento horizontal submetido a trações diferentes. Conclui que os parâmetros envolvidos na relação repetitiva obtidos a partir de um tipo de interação entre sujeito-objeto de investigação, que também interage com ele mesmo, - onde tanto a relação como os parâmetros precisam ser encontrados - necessitam de um significado.

Nas situações deste exemplo é a segunda lei de Newton que está em jogo, num caso particular, mas no entanto, argumenta Ullmo, a relação repetitiva -  $F = ma$  - que ocorre nos vários ensaios das situações é anterior à lei (não no sentido histórico necessariamente) e permite definir os símbolos - parâmetros - que nela aparecem e a segunda lei

*"reúne e faz a síntese de uma infinidade de relações repetitivas que permite induzir legitimamente a existência objetiva de forças e massas definidas pelas relações"* (Ullmo, 1967, p. 626; tradução minha).

Há, então, duas espécies de repetições, segundo Ullmo, dando duas espécies de "intemporalidade" objetivas:

1º. - uma relação que se repete fornece o valor de um parâmetro que definimos como um "ente objetivo" que constitui o objeto;

2º. - já num grau superior de abstração, há um tipo de relação que se repete fornecendo um conjunto de valores para um mesmo parâmetro que definimos como um conceito, procurando assim a generalização na abstração (Ullmo, 1967, p. 627).

Por exemplo: "os conceitos de massa e força atingidos por relações repetitivas, para além do conhecimento intuitivo preexistente. O estabelecimento destes conceitos só pode ser realizado quando se aprendeu a medir acelerações, noção incomum ou mal conhecida durante muito tempo" (Ullmo, 1967; p. 627; tradução minha).

Os conceitos, no entanto, quando obtidos através de relações repetitivas como aquelas, caracterizam-se como definições operatórias originadas a partir de uma forma específica de interação, isto é, num determinado arranjo natural e/ou preparado, e esta interagindo com o sujeito. São essencialmente funcionais, segundo Ullmo. Daí a interpretação de Kuhn quanto aos diferentes compromissos com os aspectos legislativos e definidores das generalizações simbólicas.

A exigência de definições operatórias se impõe na medida em que se reconhece que um grande obstáculo ao avanço científico foi a confiança espontânea na intuição, segundo interpretação de Ullmo.

Mas, um conceito que surge de um tipo de interação é idêntico ao mesmo conceito que surge em distintas relações repetitivas, oriundas de outras formas de interação.

Vejamos um exemplo examinando várias relações:

$$\begin{aligned}
 &1) F = \bar{v} a; \quad 2) U = \bar{v} gh; \quad 3) Q = \bar{v} L; \quad 4) P = \bar{v} g; \\
 &5) K = (1/2)\bar{v} v^2; \quad 6) F = (G \bar{v} \bar{v}'/r^2); \quad 7) p = \bar{v} v; \\
 &8) PV = (\bar{v}/m)RT; \quad 9) Q = \bar{v} c \Delta \theta
 \end{aligned}$$

Penso que ao me comunicar com uma comunidade de físicos, ou uma que trabalha profissionalmente com conhecimentos produzidos pela Física, essas relações, da forma como as apresentei, dizem por si sós, no máximo podem introduzir uma pequena dificuldade inicial, pois o parâmetro, representado pelo carácter do alfabeto sânscrito  $\bar{v}$ , tradicionalmente é representado por outro símbolo. Em contrapartida, nada ou muito pouco auxiliaria, para uma melhor compreensão das relações, ao leitor não pertencente a essas comunidades caso se explicitasse que U é energia potencial ou que P é quantidade de movimento linear, enfim nomear cada símbolo das relações. A apresentação destes exemplos mostra a potencialidade do significado do paradigma de Kuhn.

Acredito também que seja possível encontrar, entre os leitores externos àquelas comunidades, os que estão em sintonia com esta comunicação, ou seja, aqueles que incorporaram o paradigma durante a sua formação.

Mas é um outro aspecto que, com este exemplo, quero enfatizar: o parâmetro presente em cada uma das relações simboliza, como espero tenha sido entendido, um único conceito, o de massa.

Da mesma maneira, cada um dos outros parâmetros podem surgir como constituintes de outras generalizações simbólicas, além das colocadas neste exemplo. Em cada uma delas o parâmetro escolhido também simbolizará um único conceito, advindo daí a abstração de "entidades objetivas" que se nos mostram em diferentes interações sujeito-parte do objeto físico.

Um outro exemplo envolvendo um conceito do século XX e já referido anteriormente é elucidativo para uma melhor compreensão desta discussão; talvez por ser "mais próximo" e de certa forma "estarmos vivendo" a sua conceituação. Trata-se da constante  $h$  de Planck, o quantum de ação.

Inicialmente Plank o definiu através da relação repetitiva para a radiação do corpo negro. Em outra relação repetitiva, Einstein o usou para estabelecer a energia do fóton incidente no problema do efeito fotoelétrico e, em outra, para a energia de vibração no problema do calor específico. (Não interpreto relação repetitiva apenas como uma relação matemática.)

De Broglie o usou para fornecer o comprimento de onda associada ao movimento de uma partícula; Heisenberg, para o Princípio da Incerteza e Schroedinger na equação da função de onda.

Portanto, temos o mesmo conceito  $h$  em distintas formas de interação (Física) a que o objeto do conhecimento está submetido, "captado" ele próprio como as interações através das distintas interações sujeito-objeto. É verdade que, neste caso, o processo de conceituação do quantum de ação não exigiu a sua abstração através de um conjunto de valores para um parâmetro de relações repetitivas (como é o caso da massa), tendo em vista o seu valor constante, mas tão-somente a sua abstração da sua presença em distintas relações repetitivas.

Assim temos que *"O conjunto dos tipos de interação onde aparece um mesmo conceito pode ser chamado a 'compreensão' deste conceito em seu sentido científico"* (Ullmo, 1967, p. 634; tradução minha).

Com esta discussão fica claro que as generalizações simbólicas precisam ser "encontradas" e simultaneamente as grandezas envolvidas também, tornando-se

conceitos que por sua vez só fazem sentido através delas próprias e, circularmente, estas só podem ser incorporadas na medida em que os conceitos que se relacionam são precisamente apreendidos como elas os estabelecem.

Explicito essa como uma das características das generalizações simbólicas que interessam ao exame da presente tese. Durante o processo de ensino-aprendizagem as generalizações simbólicas são "dadas", no sentido de que já foram "encontradas" no processo de construção do conhecimento e, pelo menos historicamente, a sua apreensão pelo aluno deve ocorrer de forma distinta daquela de sua produção. No entanto, cada um dos conceitos que uma delas relaciona não pode ter distintos significados, isto é, as generalizações simbólicas só farão sentido e serão incorporadas se os conceitos que se têm e que nelas estão envolvidos forem os mesmos por elas precisados, quer formalmente, quer semanticamente.

Este é um dos pontos do conhecimento vulgar que deve ser investigado: os conceitos que os alunos têm (se tiverem) dos conceitos científicos relacionados nas generalizações simbólicas.

Na produção científica os conhecimentos são construídos ao se superar o primeiro obstáculo colocado por Ullmo. O exame das características do conhecimento vulgar poderá mostrar se o fato do obstáculo ter sido superado no processo de construção do conhecimento científico, nas relações já estabelecidas e que serão trabalhadas durante a formação do aluno, significa que a priori também já se possa admitir que a sua superação é um fato, para a aprendizagem dos conceitos pelos alunos.

A análise do elemento "exemplares" da matriz disciplinar permitirá um detalhamento da importância desse ponto das generalizações simbólicas e dos seus conceitos, uma vez que a sua manipulação é exigida para a formação do pensamento científico e a apreensão do paradigma.

### EXEMPLARES

O componente "exemplares" da matriz disciplinar é, ao mesmo tempo, o segundo sentido do paradigma na atual interpretação de Kuhn ou, como ele mesmo diz, "um subconjunto do primeiro sentido" (Kuhn, 1987, p. 318).

Kuhn reconstrói o surgimento da sua proposta dos paradigmas no prefácio do livro *A Tensão Essencial* (1987). O sentido que havia concebido para o termo paradigma referia-se originalmente a este segundo, o de "exemplares". Procurando analisar o período de produção científica entre revoluções científicas - período a que denominou "Ciência Normal" - faz uma tentativa de caracterizá-lo como o resultado de

um "consenso" que prevalece entre os membros de uma comunidade científica, encontrando dificuldades para analisá-lo desta forma, dado o tipo de consenso que procurava encontrar (Kuhn, 1987; p. 187):

*"Refletindo sobre a formação dos cientistas, sobre tudo quanto ao ensino de definições, conclui que uma das características desta formação é que ela é calcada em formas padronizadas de resolver problemas selecionados em que figuram termos como 'força' (e outros)... Se aceitam (os alunos em formação) um conjunto suficientemente vasto destes exemplos padronizados, então poderiam tirar-lhes o modelo para suas investigações posteriores..." (Kuhn, 1987, p. 19; tradução minha).*

Kuhn, então, associa esse procedimento com aquele onde se aprende a conjugação de verbos. Para os verbos regulares há uma desinência que padroniza uma conjugação; ao se dominar esta desinência através de alguns verbos exemplares nós a utilizamos como padrão para conjugar os outros verbos, com radicais diferentes dos do "exemplar", e que são da mesma conjugação.

A esses padrões da linguagem, a lingüística denomina paradigma e "não me pareceu violenta a aplicação deste termo a problemas científicos padronizados como o plano inclinado e o pêndulo cônico" (Kuhn, 1987, p. 193; tradução minha).

No entanto, ao desenvolver essa idéia durante a elaboração do seu livro *A Estrutura das Revoluções Científicas*, "...os paradigmas adquiriram vida própria... Tendo começado como soluções de problemas selecionados, seu alcance se ampliou até incluir, primeiro, os livros clássicos em que aparecem pela primeira vez estes exemplos aceitos e, por último, o conjunto total de compromissos compartilhados pelos membros de uma determinada comunidade científica ... (sendo) este último o único que foi reconhecido pela maioria dos leitores, e o resultado inevitável foi criar confusão ..." (Kuhn, 1987, p. 208; tradução minha).

A palavra paradigma, portanto, seria totalmente apropriada a esses exemplos padronizados, na interpretação de Kuhn, mas, do mesmo modo que o primeiro sentido, modifica o termo e passa a denominá-lo "exemplares" (Kuhn, 1975, p. 232): "Com esta expressão quero indicar, antes de mais nada, as soluções concretas de problemas que os estudantes encontram desde o início de sua educação científica, seja nos laboratórios, exames ou no fim dos capítulos dos manuais científicos. Contudo, devem ser somados a esses exemplos partilhados pelo menos algumas das soluções técnicas de problemas

encontráveis nas publicações periódicas que os cientistas encontram durante as suas carreiras como pesquisadores" (Kuhn, 1975, p. 232).

Conforme rememora, Kuhn, ao procurar "um consenso" que pudesse ser atribuído ao período de Ciência Normal, deparou-se com dificuldades ao tentar definir aquele consenso enumerando os elementos de acordo em torno dos quais este ocorreria.

Particularmente ao pretender explicar a unanimidade com que os membros de uma comunidade científica costumam avaliar as investigações de outros membros, teve que atribuir um consenso sobre as características que definem termos das relações matemáticas que expressam leis da natureza, tais como força, massa e outros. Mas, argumenta Kuhn: *"Minha experiência, tanto de cientista como de historiador, indicava que raras vezes se ensinam tais definições e que, quando tal ocorre, o assunto resulta num profundo desacordo. Parecia não existir o consenso que eu estava procurando.... Terminei por dar-me conta de que não era esta a classe de consenso que procurava. Aos cientistas não se ensinam definições, mas sim formas padronizadas de resolver problemas selecionados em que figuram os termos..."* (Kuhn, 1987, p. 19; tradução minha).

Isso originou, como vimos, a sua concepção de paradigmas, levando Kuhn a explorar o papel dos exemplos padronizados como sendo aquele através do qual se incorporam os paradigmas e se tornam possíveis investigações posteriores através da similaridade (Kuhn, 1975, p. 234).

Podemos inferir a importância dos exemplares analisando-os sob outro ângulo. As generalizações simbólicas com as quais os exemplos padronizados podem ser solucionados envolvem parâmetros de relações repetitivas, conforme foi discutido. Estas e aqueles são produtos de um tipo de interação sujeito-objeto e passam a ter o significado atribuído pela Ciência, primeiro por relações repetitivas com caráter de definições operatórias, caracterizando-se essencialmente como funcionais. O parâmetro então definido fornece um valor para um "ente objetivo" que constitui o objeto, mas com o conjunto de valores do mesmo parâmetro obtemos, num grau maior de abstração, um conceito de um "ente objetivo" referente ao objeto de investigação. Um mesmo conceito pode ser relacionado de distintas maneiras com outros conceitos, originando distintas relações repetitivas devido às diferentes interações a que o objeto de investigação está submetido, e reside aí, na interpretação de Ullmo, a compreensão deste conceito no seu sentido científico.

O processo, então, envolve uma certa "circularidade dialética", pois há a necessidade da apreensão "simultânea" do(s) conceito(s) e da relação repetitiva que o(s) relaciona. Esta simultaneidade não é imediata. Ela é adquirida durante o processo de formação, e deve envolver um caráter de sincronismo e diacronismo para a apreensão dos "entes objetivos" com os quais a Ciência trabalha.

Ora, o enfrentamento dialético, mas também sincrônico e diacrônico, precisa se dar em situações concretas de análise de fenômenos ou situações, ou seja, com problemas a serem solucionados. Mas aqui tem-se outro paradoxo: a solução que a eles pode ser dada exige o conhecimento que deles se quer obter. Uma real situação de investigação precisa ser empreendida por sujeitos que ainda não possuem a formação para empreendê-la.

Inferre-se, portanto, a importância e função dos exemplos selecionados - os "exemplares" - que são resolvidos por quem já detém o conhecimento. Eles são padrões, não no sentido de que sejam simples receitas ou roteiros de soluções, mas padrões para uma forma bem caracterizada de interpretação do objeto físico.

Kuhn critica a lacuna existente em análises de filósofos da Ciência quanto ao papel da resolução de problemas e discorda da função que geralmente tem sido dada à solução de problemas pelo estudante. Argumenta que a afirmação de que problemas sejam colocados para que se alcance destreza no uso das teorias e regras do conhecimento científico é uma localização errada do conteúdo cognitivo da Ciência: *"O estudante que resolveu muitos problemas pode apenas ter ampliado sua facilidade de resolver outros mais. Mas, no início e por algum tempo, resolver problemas é aprender coisas relevantes a respeito da natureza. Na ausência de tais exemplares, as leis e teorias anteriormente aprendidas teriam pouco conteúdo empírico"* (Kuhn, 1975, p. 233; grifo meu).

Ao tentar analisar e compreender o fenômeno ou situação, o aluno precisa identificar no objeto de estudo os seus atributos. Estes, da forma como a Ciência os abstrai, são precisamente definidos, tornando-se conceitos referentes a "entes objetivos" do objeto e relacionados pelas generalizações simbólicas. Estas são aprendidas pelo sujeito em formação através de "exemplares" onde, segundo Kuhn, ocorre a apreensão conjunta tanto do(s) conceito(s) - referente(s) ao "ente objetivo" do objeto de análise - como do próprio significado da generalização simbólica.

Há, portanto, a necessidade de identificação de um conceito - "ente objetivo" - envolvido numa interação, que por sua vez pode ser relacionado por distintas generalizações simbólicas, havendo a necessidade também da identificação de qual

generalização simbólica deve ser usada numa particular interação. Isto ocorre, para Kuhn, por similaridade ao "exemplar" já solucionado. A apreensão do paradigma consiste, em última análise, na similaridade realizada pelo aluno em formação e não na resolução pelo professor de um exemplo similar ao "exemplar".

Quer dizer, o "exemplar", que é um exemplo compartilhado, pois apresenta uma solução para o problema que é consenso para a comunidade, caracteriza o aspecto sincrônico da formação. Mas é o "exemplar" também que oferece chance de que outros problemas, por similaridade, sejam resolvidos. O exemplo compartilhado, portanto, compartilha com outros problemas que passam a ser resolvidos através dele como padrão e caracteriza o aspecto diacrônico da formação. Na própria interpretação de Kuhn temos: *"Depois de resolver um certo número de problemas (número que pode variar grandemente de indivíduo para indivíduo), o estudante passa a conceber as situações que o confrontam como um cientista, encarando-as a partir do mesmo contexto (Gestalt) que os outros membros de seu grupo de especialistas. Já não são as mesmas situações que encontrou no início de seu treinamento como cientista. Nesse meio tempo, assimilou uma maneira de ver testada pelo tempo e aceita pelo grupo."* (Kuhn, 1975, p. 235; grifo meu).

Nota-se, portanto, a necessidade de interpretação do paradigma com o seu primeiro sentido, o de matriz disciplinar, dado o imbricamento entre um dos seus elementos - as generalizações simbólicas - com outro elemento - os exemplares. A apreensão do paradigma se estrutura em função da relação estabelecida entre estes dois elementos para a análise do objeto físico.

A apreensão não tem o sentido da mera reprodução ou repetição automatizada; ou seja, uma capacidade demonstrada de repetir um exemplo padrão pode não significar que ocorreu a apreensão do paradigma. Kuhn atribui a esse processo uma mudança qualitativa, conceitual, como é de se esperar, durante a sua realização.

Um "exemplar" não é um paradigma para o sujeito em formação, mas torna-se num paradigma para o sujeito que conseguiu "vê-lo" como a comunidade o compartilha.

Neste sentido, não se deveria estranhar o fato de que haja alunos que numa avaliação sejam capazes de reproduzir uma generalização simbólica, como por exemplo: "um corpo não altera seu estado de movimento se a força resultante que sobre ele atua for nula", mas não são capazes de identificar que, num corpo em



movimento com seu vetor velocidade constante, a força resultante seja nula. A abstração do conceito de inércia como atributo do corpo não foi incorporada pelos alunos como o paradigma determina, ou seja, estes alunos não compartilham do paradigma.

Da mesma maneira pode-se entender por que há alunos capazes de reproduzir que "peso é a força de atração que a Terra exerce num corpo" e que "a uma ação corresponde uma reação de igual intensidade, mesma direção e sentido contrário, atuando no corpo que exerce a ação", mas não são capazes de identificar os pares de forças envolvidos no repouso de um corpo sobre uma superfície horizontal. Geralmente, se a solução deste problema não foi apresentada, os alunos identificam a reação do peso do corpo como sendo a força normal que a superfície horizontal aplica para mantê-lo em repouso.

Por outro lado, a repetição pelo aluno deste mesmo exemplo, após a sua solução pela autoridade (do livro ou professor), não significa necessariamente que a apreensão do paradigma tenha ocorrido. Tal poderá ser verificado através da análise que o aluno deverá realizar de uma situação totalmente inédita para ele, quando então se verificará a ocorrência ou não da similaridade exigida para que se compartilhe do exemplar.

Numa situação da vida, fora da escola e após a sua formação, o aluno precisará, ao analisar um fenômeno ou situação, identificar o(s) conceito(s) - enquanto "ente objetivo" do objeto - e as generalizações simbólicas simultaneamente, segundo a precisão do paradigma. Caso o conceito que ele atribui ao objeto não seja idêntico ao do paradigma, a interpretação não será aquela que a Ciência faz.

Assim, um paradigma enquanto exemplo compartilhado deverá se tornar num paradigma também para os sujeitos em formação. Quando isto ocorre, o sujeito passa a compartilhá-lo.

A formação consiste, portanto, em efetivar esse processo. Um exemplar usado, por similaridade na solução de problemas compartilhados pelo sujeito em formação, exige o processamento de operações mentais que permitam a sua efetivação. É a psicologia que neste ponto precisa ser invocada. Há teorias e modelos que podem ser utilizados para uma tentativa de explicação deste processo. No entanto, tão importante quanto interpretá-lo é constatar quando ele não ocorre e procurar localizar a limitação que impediu que ele ocorresse, conforme se propõe esta tese.

No modelo kuhniano a apropriação do paradigma implica numa "forma de ver" - Gestalt - e, se o exemplar não se tornar um paradigma, esta forma de ver não foi adquirida. Por um poder de autoridade informou-se como deve ser visto o exemplar -

ou um conjunto deles com soluções apresentadas - e o sujeito, mesmo "não o vendo" da mesma maneira, aceita-o pelo princípio da autoridade. Na ausência dela, continuaria vendo como sempre viu. É uma ruptura na "forma de ver" que Kuhn advoga durante o período de revolução científica, quando ocorrem mudanças de paradigmas.

O auxílio da Psicologia da Aprendizagem com seus vários modelos, ainda que necessário, não é suficiente para interpretar a mudança na "forma de ver". As generalizações simbólicas e exemplares da matriz disciplinar a serem aprendidos relacionam-se com os outros dois elementos da matriz: as partes metafísicas do paradigma e valores. Eles serão abordados no próximo item e envolvem aspectos sócio-antropológicos e filosóficos, não se limitando à Psicologia da Aprendizagem.

Explicito aqui uma outra dimensão dos paradigmas que sugere o exame das características do senso comum ao "ver" um fenômeno. Novamente entra em jogo a necessidade de investigar os conceitos prevalentes dos alunos, mas numa perspectiva diferente da anterior, ou seja, numa perspectiva que esteja relacionada com as características do consenso e valores de uma comunidade não-científica.

### PARTES METAFÍSICAS E VALORES

A atividade científica é produto de um tipo muito bem caracterizado de interação sujeito-mundo físico. Concretamente, na proposta de Kuhn, a interação resulta na produção e uso das generalizações simbólicas e exemplares, pois são eles que operacionalmente possibilitam o equacionamento do problema a ser solucionado numa particular interação do objeto físico consigo mesmo, isto é, num determinado arranjo natural e/ou preparado, e esta com o sujeito. É com esta propriedade que Masterman atribui o sentido de paradigma de "artefatos ou de construção", pois só com eles é possível resolver "enigmas".

A interação sujeito-objeto, no entanto, não é neutra, isto é, há uma espécie de "preconceito" que a determina; daí a ênfase, tanto de Kuhn como de Popper, quanto ao ceticismo na produção de uma "linguagem observacional neutra" e que "abordamos tudo à luz de uma teoria preconcebida".

Hanson e Prigogine, em posturas semelhantes à dos dois filósofos, advogam uma "imersão" da interação de caráter científico entre sujeito e objeto num contexto mais amplo que o propriamente científico, da mesma maneira que Koyré como historiador da Ciência o faz.

Prigogine (1987), ao referir-se a uma metamorfose da Ciência, afirma: *"que os valores em jogo na metamorfose da Ciência não são todos de ordem científica"* (Prigogine, 1987; p. 1).

Ao fazer uma retrospectiva das origens da Ciência, caracteriza sua gênese como: *"A ciência moderna começou por negar as visões antigas e a legitimidade das questões postas pelos homens a propósito de suas relações com a natureza. Ela iniciou o diálogo experimental, mas a partir de uma série de pressupostos e de afirmações dogmáticas que voltavam os resultados dessa investigação (e sobretudo a 'concepção do mundo' que os acompanhava) a se apresentarem como inaceitáveis para os outros universos culturais, incluindo o que os produziu. A ciência moderna constituiu-se como produto de uma cultura, contra certas concepções dominantes desta cultura...."* (Prigogine, 1987; p. 4).

Enfatiza que uma das teses centrais do seu livro é a de que: *"Os problemas que marcam uma cultura podem ter influência sobre o conteúdo e o desenvolvimento das teorias científicas"* (Prigogine, 1987, p. 8); e mais adiante: *"Uma das teses deste livro será a de afirmar a forte interação entre as questões produzidas pela cultura e a evolução conceptual da Ciência no seio dessa cultura"* (Prigogine, 1987; p. 11).

Em seu discurso, Prigogine cita Schroedinger: *"Existe uma tendência para esquecer que o conjunto da ciência está ligado à cultura humana em geral, e que as descobertas científicas, mesmo as que num dado momento parecem as mais avançadas, esotéricas e difíceis de compreender são despidas de significação fora do seu contexto cultural. Uma ciência teórica que não esteja consciente de que os conceitos que tem por pertinentes e importantes são, afinal, destinados a ser expressos em conceitos e palavras com um sentido para a comunidade culta e a se inscrever numa imagem geral do mundo, uma ciência teórica, digo, onde isso fosse esquecido e onde os iniciados continuassem a resmungar em termos compreendidos o melhor possível por um pequeno grupo de parceiros, ficará necessariamente divorciada do resto da humanidade cultural... está voltada à atrofia e à ossificação"* (Schroedinger, apud Prigogine, 1987; p. 11).

Entram em jogo, portanto, aspectos da comunicação e do julgamento da produção científica, que, se de um lado exigem valores que a própria comunidade científica constrói para se avaliar e continuar produzindo, de outro a evolução conceitual desta produção envolve também valores mais amplos que aqueles, isto é,

culturalmente definidos, ainda que no sentido de romper com os valores prevalentes da cultura em que se originou, exigindo outros, como é o caso, principalmente, durante as revoluções científicas.

Hanson (1985), ainda que não parta de uma posição histórica externalista do desenvolvimento da Ciência, como deixa transparecer Prigogine, defende a não-neutralidade da relação sujeito-objeto afirmando que "toda experiência está carregada de teoria". Analisa a interação sujeito-objeto sob o prisma da não-existência de "observáveis puros" e faz uma distinção entre dados, observáveis e fatos.

Garcia (1986), partindo dessa análise de Hanson, a sintetiza e assim estabelece as diferenças: *"Definiremos observáveis como dados da experiência já interpretados. Os fatos são relações entre observáveis. Disto resulta que, quando um pesquisador realiza um trabalho de campo e começa a registrar dados, não é, nem pode ser, um observador neutro que toma consciência de uma 'realidade objetiva' e registra dados 'puros'. ... Seus registros terão duas componentes: serão, por um lado, representativos de uma 'realidade objetiva', mas por outro lado correspondem a seus esquemas interpretativos"* (Garcia, 1986, p. 8; tradução minha).

A consideração do movimento de um corpo em queda, por exemplo, constitui um caso riquíssimo para explorar esta análise. Corpos sempre "cafram", uma "realidade objetiva". No entanto, o que um físico procura observar hoje neste fenômeno, a partir dos dados da "realidade objetiva", não é o que um escolástico pré-galileano, ou mesmo seu contemporâneo, procurou observar a partir dos mesmos dados. Simplesmente as observáveis massa, aceleração, força gravitacional, força de atrito e a relação delas com o movimento do corpo eram algo impossível de se interpretar a partir dos dados, desde que a construção destes conceitos só foi atingida posteriormente.

A postura filosófica que levou àquela construção, ou seja, antes mesmo da obtenção das generalizações simbólicas e dos exemplares, tem sido abordada ao longo deste capítulo e constitui a parte metafísica do paradigma, o outro componente da matriz disciplinar. No entanto, aquelas interpretações pré-galileanas, como as pós, além de estarem imersas numa concepção filosófica da natureza, eram balizadas pelo que Kuhn tem denominado de valores, estabelecidos pela comunidade para julgar o trabalho de seus pares.

Um outro exemplo: o exame do que ocorre com uma placa metálica exposta à radiação solar implica em observações, através da coleta de dados do arranjo experimental. Anteriormente à interpretação de Einstein para o efeito fotoelétrico,

algumas observáveis desse experimento não eram observáveis! Mas os dados da situação, antes como depois daquela explicação, pertenciam à "realidade objetiva" - exposição da placa à radiação solar.

Em suma, os mesmos "dados", observados segundo a interpretação de onda eletromagnética, explicariam, por exemplo, o aquecimento da placa e forneceriam observações (dados interpretados) para se obter o coeficiente de dilatação do metal, mas não a função de trabalho do metal, nem tampouco o quantum de ação  $h$  poderia ser determinado a partir deste fenômeno. O comportamento dual onda-partícula da luz é necessário para esta interpretação dos dados.

Pude, ao longo deste capítulo, ensejar os aspectos filosóficos que subjazem à Física quântica. As várias interpretações que se têm dado à Mecânica quântica, para além dos algoritmos empregados (generalização simbólica), estão imersas em concepções filosóficas e em valores de julgamento criados pela comunidade de físicos.

Portanto, a parte metafísica e valores - elementos da matriz disciplinar - integram-se com as generalizações simbólicas e exemplares na estrutura do paradigma. Quando o paradigma está estabelecido nos períodos de Ciência Normal, ele determina uma forma bem característica de "ver" o objeto físico.

Assim o elemento "valores" da matriz disciplinar tem a sua constituição a partir de um grupo social bem característico - a comunidade científica que os compartilha - e pode ser enquadrado no sentido-2 que Masterman atribui ao paradigma: o sociológico. *"Visto sociologicamente ... O paradigma é um conjunto de hábitos científicos. Seguindo esses hábitos a solução bem-sucedida de problemas pode continuar ..."* (Masterman, 1979; p. 80).

Para Kuhn: *"... Valores em geral são mais amplamente partilhados por diferentes comunidades do que as generalizações simbólicas ... Contribuem bastante para proporcionar aos especialistas em ciências da natureza um sentimento de pertencerem a uma comunidade global"* (Kuhn, 1975, p. 229).

Kuhn seleciona cinco valores para a avaliação do que denomina uma "boa teoria científica". Eles não se esgotam nestes cinco, mas devem estar presentes e *"... são critérios standardizados para avaliar a suficiência de uma teoria ... - precisão, coerência, amplitude, simplicidade e fecundidade - ... uma teoria deve ser precisa: isto é, dentro do seu domínio, as consequências deduzidas dela devem estar em acordo demonstrado com os resultados dos experimentos e das observações existentes ... deve ser coerente, não só de maneira interna consigo mesma, mas também com outras teorias aceitas e aplicáveis a*

*aspectos relacionados da natureza ... deve ser ampla: em particular as consequências de uma teoria devem estender-se além das observações, leis ou subteorias particulares para as quais se destinou em princípio ... deve ser simples, ordenar fenômenos que, sem ela, e tomados um a um, estariam isolados e, em conjunto, seriam confusos ... um aspecto menos frequente, mas de importância especial para as decisões científicas reais, uma teoria deve ser fecunda, isto é, deve dar lugar a novos resultados de investigação: deve revelar fenômenos novos ou relações não observadas antes entre as coisas que já se sabe" (Kuhn, 1987, pp. 345-346; tradução e grifo meus).*

Esses valores, como constituintes dos paradigmas, são importantes no modelo de Kuhn, pois ele os utiliza para considerar as maneiras como os cientistas se viam obrigados a abandonar uma teoria tradicional em favor de outras:

*"Tais problemas de decisão ... não podem resolver-se mediante provas. Analisar seu mecanismo é, pois, falar de técnicas de persuasão, ou de argumentos e contra-argumentos, em situação em que não possa haver prova ... Nestas circunstâncias ... a resistência de se dar vida a uma nova teoria não é uma violação das normas científicas ... Ainda que o historiador possa sempre encontrar homens que não foram razoáveis ao resistir tanto tempo ... não encontrará nunca um ponto onde a resistência tenha sido ilógica ou acientífica ... Sem critérios que ditem a eleição individual ... o que há de fazer-se é confiar no julgamento coletivo de cientistas ..." (Kuhn, 1987, p. 344; tradução minha).*

No breve ensaio que procurei realizar sobre os "truques", "discernimento" e o "gás", além de aspectos filosóficos, vieram à tona estes, sobre argumentação e decisão nas escolhas. Que provas tinha Copérnico sobre o heliocentrismo e a rotação da Terra? No entanto, a sua concepção foi abraçada por seus seguidores, havendo Kepler e Galileu contribuído significativamente para a construção do paradigma. Ainda, por que Planck, mesmo relutando em aceitar a sua própria hipótese quântica, a publicou? Ou Einstein, que a aceita, e filosoficamente interpreta-a de forma distinta de Planck? E quanto à posição de O. Sterne M. V. Laue, que "abandonariam a física" caso a idéia de Bohr estivesse certa, mas finalmente contribufram para aperfeiçoá-la? Diferentemente, Dirac confessa-se influenciado pelos conceitos de Bohr. E quanto à apreciação da tese de De Broglie na Sorbonne que, segundo Segré, "ficou embaraçada" ao julgá-la, mas o elogiaram? Ainda, por que, mesmo com o embate e as distintas interpretações da Mecânica quântica, ela desde os anos 20 tem direcionado parte significativa da investigação física?

É verdade que no referido ensaio que realizei, bem como neste questionamento, há algum destaque para posturas individuais de alguns cientistas, vale dizer, às suas idiossincrasias, mas em alguma medida elas próprias eram balizadas. O estabelecimento dos paradigmas, quer da Mecânica clássica, quer da Mecânica quântica, transcendeu às idiossincrasias. Estas, como Kuhn as interpreta, são posturas diferenciadas dos indivíduos, mas contidas nos valores partilhados pela comunidade específica:

*"Os valores partilhados podem ser determinantes centrais do comportamento de grupo, mesmo quando seus membros não os empregam da mesma maneira" (Kuhn, 1975, p. 231). "Quiçá interpretem de modos distintos a simplicidade ou tenham convicções distintas sobre a amplitude dos campos dentro dos quais deve ser satisfeito o critério de coerência. Quiçá estejam de acordo sobre estes assuntos mas difiram quanto aos pesos relativos que devem ser atribuídos a estes ou outros critérios, quando vários dos mesmos podem ser seguidos ao mesmo tempo. Com respeito às divergências deste gênero, não é útil nenhum critério de análise" (Kuhn, 1987, p. 348; tradução e grifo meus).*

Kuhn argumenta que é preciso analisar as posturas individuais dos que em determinados momentos fizeram certas escolhas, mas que, no entanto, "... não bastam, em si, para determinar as decisões do cientista como indivíduo" (Kuhn, 1987, p. 348; tradução minha). Com isto, Kuhn não descarta as contribuições pessoais ligadas aos fatores idiossincráticos dependentes da biografia e personalidade do sujeito, mas não as isola dos valores e critérios compartilhados pela comunidade.

Do ponto de vista desta tese, a consideração dos valores compartilhados assumem maior significação uma vez que a preocupação é com o coletivo dos estudantes. Obviamente, dentre eles, os que, devido às suas idiossincrasias, passam a ter uma postura diferenciada, reagirão diferentemente no processo educativo. No entanto, este caracteriza-se por sua função também social e, portanto, é o coletivo que deve balizar a ação educacional, caso contrário melhor seria explicitar e explicar que na sua essência o ensino introdutório das Ciências, a nível de 1º. e 2º. graus, é e deve ser **discriminatório, planejado em função de idiossincrasias**. Haverá algum educador que, além de admitir, explicitamente defenda esta tese para a educação em Ciências na escola pública brasileira?

Explicito aqui outra característica do senso comum que precisa ser investigada: os valores e consensos, quer filosóficos, quer de julgamento, que interferem na apreciação de fenômenos naturais.

Há um tratamento sistematizado em obras de caráter histórico, filosófico e antropológico que nos mostram e justificam as distintas qualidades culturais - incluindo a Ciência e a Técnica também como patrimônio cultural - de diferentes civilizações, grupos comunitários ou étnicos. A obra de Needham é um dos exemplos em que se analisa a contribuição chinesa à Ciência e à Técnica e a sua relação com os valores e aspectos filosóficos e religiosos daquela civilização. Needham (1977), inclusive, os considera comparando e contrapondo com aqueles da civilização ocidental. Há incomensurabilidade.

Um problema desta tese é mostrar que também existe incomensurabilidade entre "filosofias" e valores de distintos grupos sociais pertencentes a uma mesma civilização - ou, mais propriamente, distintos grupos sociais habitantes de uma nação como a brasileira - e as partes metafísicas e valores dos paradigmas.

Essa incomensurabilidade parece tão óbvia que se julgaria desnecessário procurar analisá-la. Para além dos sentimentos da comunidade científica quanto à incomensurabilidade dos seus valores filosóficos e de julgamento com os de uma comunidade cientificamente leiga, entram em jogo também aspectos ideológicos e da estrutura de poder da sociedade. A incomensurabilidade, pode-se dizer, é usada para mitificar a Ciência.

Deste modo, ao invés de simplesmente admiti-la, é fundamental procurar suas qualidades, uma vez que faço a defesa da limitação e não da impossibilidade para a formação do pensamento científico. Ao se investigar as suas características é possível que se estabeleçam os parâmetros que podem limitar a formação do pensamento científico e direcionar o processamento de rupturas. Ao apenas admiti-la, sem contudo explorá-la, há uma atitude implícita que leva em seu bojo a impossibilidade de que o coletivo dos alunos venha a ter pensamento científico, salvo obviamente aqueles que o terão e virão a constituir a elite intelectual, eventualmente pertencentes à comunidade de cientistas e técnicos especializados.

Há dados, tanto da psicologia social (Moscovici) quanto de investigações na área de etnociências (D'Ambrosio, 1985), passíveis de serem usados de modo a fornecer indicadores que possam ser considerados no cotejamento dos valores metafísicos e de julgamento envolvidos no conhecimento vulgar produzido por comunidade cientificamente leiga. Não se pretende, com isso, generalizar ou universalizar tais valores, visto que são obtidos a partir de investigações de comunidades e agrupamentos específicos. No entanto, os dados dessas investigações explicitam, de um lado, as características da incomensurabilidade e sugerem a ruptura defendida por esta tese, pelo menos para os casos analisados. Por outro lado, são



indicativos de parâmetros que precisam ser trabalhados no modelo didático-pedagógico, para que se possa investigar os valores da particular comunidade em que o processo educativo esteja sendo efetuado.

Com esta exposição do modelo kuhniano não pretendi esgotá-lo ou aprofundá-lo, nem mesmo defendê-lo. Outros filósofos da Ciência e cientistas já o fizeram, seja discordando, seja concordando com este modelo.

Pretendi, sim, entendê-lo de maneira a poder usá-lo como um modelo que me guiasse para a solução do problema que formulei que, nunca é demais enfatizar, tem como objeto de investigação a educação introdutória das Ciências. A opção por esse modelo não foi aleatória ou por simples simpatia pelas posições de Kuhn. Procurei argumentar e justificar a sua escolha em função do problema, no item I.2.

Ao procurar entendê-lo, também o interpretei de modo a dar consistência à tese, no sentido de que o objetivo final é propor um modelo didático-pedagógico que explicita e trabalhe com as rupturas. Estas, estou caracterizando segundo as indicações do modelo kuhniano. Talvez elas não se esgotem nestas indicações. Certamente outros parâmetros precisam ser localizados e investigados. No entanto, a contribuição a ser dada pela análise via paradigmas mostrará que pelo menos os por mim já identificados devem estar presentes num modelo didático.

Acredito ter interpretado Kuhn como fornecedor de algumas das características do senso comum (que serão investigadas no capítulo seguinte), de modo a fundamentar a hipótese de que a formação do pensamento científico deve ocorrer com rupturas, entendidas no sentido em que abordarei no próximo capítulo.

Ao caracterizar as rupturas, balizadas pelo modelo kuhniano, que devem ocorrer para se superar o senso comum e propiciar a formação do pensamento científico, em princípio é possível construir um modelo didático-pedagógico que, trabalhando as características das rupturas, ofereça a oportunidade de transcender a limitação para a formação do pensamento científico.

Com isto quero dizer que, no processo educativo que objetiva o ensino introdutório das Ciências, há um parâmetro que ainda não foi considerado, ou seja, o da interação educador-educando enquanto sujeitos da ação educativa e não apenas com o sentido da individualidade de cada um, mas o que eles representam em sua totalidade, tanto em termos dos conhecimentos que possuem, quanto dos recursos (didáticos ou não) que usam para a comunicação.

E neste ponto também é possível, a partir da proposição de Kuhn, explicitar pelo menos uma característica, não das rupturas, mas que o próprio modelo didático-pedagógico deve conter para que aquelas possam ser efetuadas. Trata-se da

interpretação de Kuhn sobre a possibilidade de superação da incomensurabilidade entre paradigmas, após a ocorrência de revoluções científicas. Vejamos:

*"Dois homens que percebem a mesma situação de maneira diversa e que, não obstante, utilizam o mesmo vocabulário para discuti-la, devem estar empregando as palavras de modo diferente. Eles falam a partir daquilo que chamei de pontos de vista incomensuráveis ...*

*"Tais problemas, embora apareçam inicialmente na comunicação, não são meramente lingüísticos e não podem ser resolvidos simplesmente através da estipulação das definições dos termos problemáticos ...*

*"Não podem recorrer a uma linguagem neutra, utilizada por todos da mesma maneira e adequada para o enunciado de suas teorias ou mesmo das consequências empíricas dessas teorias. Parte das diferenças é anterior à utilização das linguagens, mas, não obstante, reflete-se nelas ...*

*"Em suma, o que resta aos interlocutores que não se compreendem mutuamente é reconhecerem-se uns aos outros como membros de diferentes comunidades de linguagem e a partir daí tornarem-se tradutores. Tomando como objeto de estudo as diferenças encontradas nos discursos no interior dos grupos ou entre estes, os interlocutores podem tentar primeiramente descobrir os termos e as locuções que, usadas sem problemas no interior de cada comunidade, são, não obstante, focos de problemas para as discussões intergrupais" (Kuhn, 1975, pp. 246-248; grifo meu).*

Em vista disso, a interação educador-educando deve de algum modo ser "tradutora". Ora, se o objetivo do ensino de Ciência é a interpretação do fenômeno ou situação - objeto de estudo da Ciência - é ele que vem à baila. Ao elegê-lo como ponto de partida (o que nem sempre ocorre), a interação educador-educando passa a ser por ele mediatizada e exige aquela "tradução", que obviamente só pode acontecer se ambos emitem a comunicação; isto é, necessariamente, no modelo didático-pedagógico deve estar previsto o diálogo. Mas, não qualquer diálogo. Na sua essência este deve ser usado para a "tradução". Assim interpretado, o modelo deve ter uma característica fundamental, que denominarei de **dialogicidade tradutora**.

## CAPÍTULO - II

### CONHECIMENTO E RUPTURAS

*"Duas coisas devem ser lembradas: primeiro, que um homem cujas opiniões e teorias são dignas de estudo deve ter possuído uma certa inteligência, mas que é provável que nenhum homem haja chegado à verdade completa e definitiva sobre qualquer matéria. Quando um homem inteligente manifesta uma opinião que nos parece evidentemente absurda, não deveríamos procurar que ela, de certo modo, é verdadeira, mas deveríamos procurar compreender como foi que ela chegou a parecer verdadeira. Este exercício de imaginação histórica e psicológica amplia, ao mesmo tempo, o escopo de nosso pensamento, e nos ajuda a compreender quão tolos muitos de nossos preconceitos mais caros parecerão a uma época de espírito diverso" (Bertrand Russell).*

Meu objetivo neste capítulo é articular a teoria de Piaget para o "como se alcança conhecimento" com a teoria dos paradigmas para o conhecimento científico. A partir do modelo piagetiano e de algumas de suas categorias, analiso como se pode explicar a produção de conhecimento científico, segundo a interpretação do modelo kuhniano.

Mostro que, para além das sintonias e desacordos, há consistência no emprego articulado desses dois modelos para a localização e caracterização das rupturas entre o conhecimento vulgar e o científico. Essas rupturas precisam ser consideradas no processo ensino-aprendizagem das Ciências da natureza na educação escolar, visando a assimilação do conhecimento científico pelos educandos.

Com dados historiográficos a respeito do conhecimento construído sobre o tema movimento, investigado por Piaget e Garcia pelo viés da psicogênese, exploro as qualidades e características das mudanças nos valores e partes metafísicas, ocorridos com a instituição dos paradigmas da Ciência Moderna. Usando o modelo piagetiano para a análise, procuro localizar as rupturas entre os valores e as partes metafísicas

envolvidos no que Koyré denomina de conhecimento do senso comum e os do conhecimento científico.

Na medida em que abordo o que representou, para a mudança de valores e partes metafísicas na construção de conhecimentos, a transição da economia feudal para a capitalista, utilizo tanto a interpretação histórica internalista em que o modelo kuhniano se apóia, quanto a externalista.

A preocupação será abstrair as características essenciais que um modelo didático-pedagógico deve conter para que se possa trabalhar, na educação escolar, com as rupturas identificadas a fim de que o educando se aproprie de conhecimentos científicos.

## II.1 - CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS AOS PARADIGMAS CIENTÍFICOS

Da discussão sobre os paradigmas - na versão matriz disciplinar - realizada no capítulo anterior, ficou estabelecida a necessidade de investigar se os alunos possuem conhecimentos apriorísticos sobre os conceitos científicos relacionados nas generalizações simbólicas da matriz disciplinar.

Bachelard (1983) aponta, baseado na sua análise epistemológica e na sua prática docente, que "sob a mesma palavra, há conceitos tão diferentes". Portanto, são as distintas linguagens envolvidas num mesmo conceito designado que precisam ser examinadas.

Nesta seção parto de dados de investigações empíricas realizadas de maneira mais sistemática nos dois últimos decênios e cujos resultados apresentados em revistas e congressos especializados corroboram aquela afirmação de Bachelard em relação aos conceitos científicos, quando empregados por alunos.

Tais investigações se institucionalizaram e começaram a se disseminar por vários países a partir do início dos anos 70 (Villani, 1987). Têm por finalidade levantar o conhecimento prévio que o aluno possui independentemente daquele que é veiculado pela educação escolar: *"através de investigações sistemáticas, abrangendo os mais variados tópicos da física, e, por meio de uma análise cuidadosa das diferentes manifestações dos estudantes, procura-se ampliar, em extensão e compreensão, o conhecimento a respeito do seu modo peculiar de 'ver' e interpretar fenômenos naturais"* (Saraiva, 1986, p. 17).

Esta área de pesquisa tem sido identificada com as mais variadas denominações: investigações de "pré-conceitos", "conceitos espontâneos", "naturais", "intuitivos", "concepções alternativas" e outros. Segundo Saraiva, tais nomes "resultam de

*um esforço na caracterização do objeto de estudo desta área de investigação ... (e) se localizam ao nível dos próprios pressupostos epistemológicos, psicológicos e pedagógicos adotados, explícita ou implicitamente, pelos pesquisadores" (Saraiva, 1986, p. 19).*

Ao longo desta tese estarei me referindo aos resultados de tais investigações como concepções alternativas aos paradigmas científicos, associando-as aos termos conhecimento vulgar (Bachelard) ou conhecimento do senso comum (Koyré).

Villani (1987), em sua tese de livre-docência, fornece o "estado da arte" desta área de pesquisa e classifica os trabalhos dos vários grupos de pesquisadores. Basicamente ele identifica as seguintes preocupações:

- a - levantamento amplo e simples das concepções dos estudantes;
- b - estruturação e articulação das concepções em "modelos" dos alunos;
- c - hierarquização das concepções em conjuntos ou modelos relacionados com as idades dos alunos e sua evolução;
- d - análise histórica das concepções científicas e sua comparação com as concepções dos estudantes;
- e - tentativas de explicação das concepções em contextos teóricos mais amplos, como as teorias do conhecimento;
- f - análise das consequências pedagógicas das concepções e propostas de tratamento para a sua modificação mediante o ensino. O autor localiza os grupos e a respectiva preocupação. (Villani, 1987, p. 95).

Em relação aos resultados obtidos, sistematizados e divulgados, Villani explora os das explicações sobre movimentos de corpos e sua relação com forças, ou seja, interpretações dos alunos sobre fenômenos e situações que são objeto de estudo da Mecânica, particularmente, da Dinâmica e da Cinemática. Usa como referências resultados de pesquisas originadas tanto no exterior, particularmente na França (Universidade de Paris VII), como no Brasil (Villani, 1987, cap. IV), chamando a atenção para o fato de que *"a grande maioria dos resultados citados referem-se a estudantes de 1ª e 2ª graus ou no começo da universidade"* (Villani, 1987, p. 112).

Resumidamente, as conclusões que têm sido tiradas dessas investigações indicam que as concepções alternativas se apresentam em múltiplas situações, reforçando a suposição de que se trata de algo bem enraizado no pensamento dos estudantes.

Ressalto duas características dessas concepções alternativas que têm sido apontadas pelos investigadores (Villani, 1987, p. 110):

- 1 - constituem conhecimentos estruturados, elaborados a partir da interação dos alunos com o mundo físico;
- 2 - não existe continuidade, em geral, entre as concepções alternativas elaboradas pelos estudantes e as adquiridas na educação escolar. O autor chama a atenção: *"por isso, não é de estranhar a permanência das concepções espontâneas durante o período escolar, permanência que se revela não somente em respostas diretas dos estudantes, mas também em artifícios indiretos que apontam para conflitos internos"* (Villani, 1987, p. 110).

Além dos resultados apresentados e discutidos mais detalhadamente por Villani sobre as concepções alternativas dos alunos aos conceitos e formulações estabelecidos pela Mecânica, há também referência a pesquisas que se têm multiplicado na década de 80, tanto a respeito de fenômenos físicos que envolvem a eletricidade, a luz e o calor, como fenômenos que envolvem outros tipos de análise, tais como ecológica, biomédica e sociológica.

Meu objeto de investigação não é a pesquisa em concepções alternativas; portanto, não pretendo abordar, sequer sugerir, problemas pertinentes a esta área, em qualquer das seis preocupações identificadas por Villani.

Esta breve apresentação dos resultados e inferências que estão sendo obtidos por tais investigações está tão-somente sendo empregada com a finalidade de constatar, através de seus dados empíricos, a suposição feita no capítulo I.

Os resultados das investigações sobre concepções alternativas evidenciam que o educando possui conceitos apriorísticos sobre temas abordados pela Ciência. Por exemplo, o conceito de força elaborado alternativamente se relaciona com a velocidade do corpo em movimento, e não com aceleração (variação da velocidade) conforme estabelece o paradigma. Isto significa que os alunos utilizam "seus" conceitos para uma interpretação dos mesmos fenômenos que a Ciência interpreta com seus modelos. O aluno, portanto, não é uma 'tábula rasa' que irá interagir com o objeto de estudo apenas no momento em que o professor ou o livro didático - com seu instrumental de análise interpretativo advindo do conhecimento produzido pela Ciência - lhe apresenta tal objeto e o seu referencial teórico utilizado para estudá-lo.

Os resultados mostram, também, que raramente os conceitos prevalentes dos alunos coincidem com os conceitos envolvidos nas generalizações simbólicas que

constituem o paradigma. Portanto, se vê confirmado o primeiro aspecto indicado no capítulo I para investigação, pelo menos quanto à existência de conceitos (distintos) dos alunos sobre os conceitos precisamente definidos no paradigma. Às vezes há coincidência no uso de termos, porém com significados distintos. A linguagem estabelecida não é, absolutamente, a mesma. Tanto a conceituação prevalente do aluno como a estabelecida pela generalização simbólica do paradigma, não obstante se reflitam nas linguagens (distintas) que estão sendo empregadas, têm uma gênese, conforme foi visto para o caso da produção do conhecimento científico, que não se limita a aspectos meramente linguísticos. Elas expressam a cognição do sujeito com respeito aos objetos de estudo.

A psicologia possui modelos de análise que interpretam a formação de conceitos. Particularmente o modelo piagetiano ocupa-se da psicogênese dos conhecimentos e tem sido uma das referências empregadas por investigadores da área de ensino de Ciências. Há inclusive iniciativas propondo um enfoque piagetiano para a solução dos problemas investigados por pesquisadores das concepções alternativas (Villani, 1987).

O problema aqui investigado, sobre as rupturas entre o conhecimento vulgar e o científico, necessita do auxílio de modelos psicológicos, ainda que a busca de uma possível solução não se reduza apenas ao emprego da psicologia, não sendo tampouco objeto desta tese a psicologia. Porém fica difícil a compreensão do problema e a solução que está sendo dada sem o necessário enfoque psicológico.

## **II.2 - KUHN E PIAGET: SINTONIAS E DESACORDOS**

Farei uso da teoria piagetiana para iniciar a análise das rupturas defendidas nesta tese, visto que:

i) os problemas investigados pela teoria piagetiana são além de psicológicos, epistemológicos;

ii) há uma postura semelhante de Kuhn e Piaget em relação à construção do conhecimento, ou seja, sua ocorrência pela interação sujeito-objeto, ambos descartando tanto a posição idealista (o conhecimento no sujeito) como a empirista (o conhecimento no objeto);

iii) considero a mútua influência que ambos pensadores se exerceram.

Há sintonias e desacordos entre os modelos kuhniano e piagetiano, e através dos desacordos será possível avançar na solução do problema.

Embora também considere pertinente a teoria de Vigotski - dado que nela há a consideração de rupturas - não a utilizarei para analisar e interpretar as rupturas que pretendo caracterizar, com vistas a considerá-las num modelo didático-pedagógico, principalmente devido à necessidade que terei de articular a história da Ciência (Física, particularmente) com modelos psicológicos. O fato de que na obra piagetiana essa articulação já tem uma trajetória de investigação referenciada, permitindo portanto o seu uso, e de que na de Vigotski ainda está por ser feita (ou no mínimo há a necessidade de referências acessíveis), opto no momento pela primeira, esperando que num futuro não distante sejam realizadas e divulgadas investigações nesta direção.

### UMA INTERPRETAÇÃO DE PIAGET USANDO O MODELO KUHNIANO

Admitindo como pressuposto cognitivo o modelo piagetiano - na tentativa de qualificar as características das rupturas propostas para análise nesta tese - como uma possível interpretação para a formação de conceitos pelos alunos, há um outro aspecto que precisa ser investigado: o dos valores de julgamento compartilhados pela comunidade à qual o educando pertence, uma vez que na estrutura da matriz disciplinar de Kuhn este elemento faz parte da construção do conhecimento científico.

Na verdade esse mesmo aspecto não é descartado por Piaget e Garcia: *"Ao remontarmos os níveis pré-científicos até o nível das ações não significa ... que devemos considerar somente o desenvolvimento do sujeito frente a um objeto que está 'dado' independentemente de todo contexto social. Na interação dialética entre o sujeito e o objeto, este último se apresenta imerso em um sistema de relações com características muito diversas. Por uma parte, a relação sujeito-objeto pode estar mediatizada pelas interpretações que provêm do contexto social no qual o sujeito se insere (relação com outros sujeitos, leituras, etc.). Por outra parte, os objetos funcionam de certa maneira socialmente estabelecida em relação com outros objetos e com outros sujeitos. No processo de interação, nem o sujeito e nem o objeto são, por conseguinte, neutros. E este é o ponto exato de interseções entre conhecimento e ideologia" (Piaget, 1984, pp. 244-245; tradução e grifo meus).*

Piaget e Garcia, portanto, não descartam os aspectos sócio-culturais como elementos da apreensão pelo sujeito do conhecimento construído sobre o objeto. No entanto, argumentam que, apesar disso, parece surpreendente a existência de



invariantes cognitivos, examinados ao longo do livro *Psicogênese e História das Ciências*, (Piaget, 1984), na aquisição de conhecimento.

Como se explica, então, a influência da sociedade?

A argumentação apresentada por eles é que para o enfrentamento desta questão se faz necessário distinguir:

1º "os mecanismos de aquisição de conhecimentos que um sujeito tem à sua disposição";

2º "a forma em que é apresentado o objeto que será assimilado pelo sujeito".

Garcia e Piaget afirmam: "A sociedade modifica a última, mas não a primeira" (Piaget, 1984, p. 245; tradução minha).

Para o aprofundamento da análise das rupturas é preciso considerar o imbricamento desses dois pontos, quais sejam, como e o quê é construído. Ainda que a teoria piagetiana tenha o propósito fundamental de fornecer um modelo para "como é possível alcançar o conhecimento", não se reduz apenas a isso. Ela apresenta uma argumentação que pretendo utilizar articulando com a proposição kuhniana, para analisar como e o quê. Vejamos: "como um sujeito assimila um objeto, depende do sujeito mesmo; o que é que ele assimila, depende, ao mesmo tempo, de sua própria capacidade e da sociedade que provê o sujeito da componente contextual da significação do objeto" (Piaget, 1984, p. 245; tradução e grifo meus).

Há no enfoque piagetiano, portanto, a indicação de que valores socioculturalmente definidos precisam ser examinados, tendo em vista que o que é assimilado tem uma componente definida pelo contexto de significação do objeto.

Foi este o segundo aspecto indicado para análise no capítulo I por considerações a partir do modelo kuhniano. Nele, as generalizações simbólicas que constituem "artefatos" para a solução de enigmas (o que) se integram no paradigma e articulam-se com os outros elementos da matriz disciplinar: as partes metafísicas e valores da comunidade.

A proposta kuhniana parte do contexto da descoberta e estabelece as inter-relações dos elementos que constituem o paradigma - na versão matriz disciplinar - bem como as rupturas que ocorrem nas mudanças de paradigmas. No entanto, ao propor uma estrutura para as revoluções científicas, a mantém invariante, ou seja, a própria matriz disciplinar, onde seus elementos são alterados, bem como suas inter-relações.

O enfoque piagetiano, trabalhando com estruturas, propõe o modelo da equilíbrio e desequilíbrio (Piaget, 1976a), considerando descontinuidades e invariâncias. Kuhn reconhece a influência da obra de Piaget: *"Uma nota de rodapé, encontrada ao acaso, conduziu-me às experiências por meio das quais Jean Piaget iluminou os vários mundos da criança em crescimento e o processo de transição de um para o outro ... Dois conjuntos de investigações de Piaget foram particularmente importantes, porque apresentavam conceitos e processos que também provêm diretamente da História da Ciência: The Child's Conception of Causality ... e... Les Notions de Mouvement et de Vitesse chez l'Enfant ..."* (Kuhn, 1975, p. 11).

Por outro lado, Piaget não descarta a teoria dos paradigmas. Epstein (1988) ao analisar A Estrutura das Revoluções Científicas considerando o contexto da descoberta de Kuhn, conclui: *"O traço comum mais importante parece ser a descontinuidade, de um lado, implicada nas revoluções kuhnianas e entre os paradigmas sucessivos e, de outro, entre os estágios cognitivos da criança, defendidos por Piaget. Esse traço comum e sua importância foram reconhecidos pelo próprio Piaget em sua obra Epistemologia Genética posterior a Kuhn"* (Epstein, 1988, p. 104).

Epstein, fazendo referência à *Epistemologia Genética*, fundamenta sua conclusão citando Piaget: *"No domínio da história do pensamento científico, o problema das mudanças de perspectiva e mesmo das 'revoluções' nos 'paradigmas' se impõe necessariamente (p. 129) e (à p. 134) nesse intervalo de um a dois anos, realiza-se, de fato, mas ainda apenas no plano dos atos materiais, uma espécie de revolução copernicana, que consiste em descentralizar as ações em relação ao próprio corpo"* (Piaget, apud Epstein, 1988, p. 104).

No entanto, para além da reconhecida influência mútua que ambos se exerceram, há pontos discordantes entre os modelos propostos para a apreensão e construção do objeto de conhecimento, que segundo minha compreensão são pontos fundamentais para esta tese.

### DESCONTINUIDADES E RUPTURAS

É preciso salientar que o fato desta tese ter como hipótese as rupturas, não significa que a continuidade esteja sendo descartada. Pelo contrário, se o "roteiro-guia" usado para a solução do problema é o kuhniano, está implícita a continuidade desde que há progresso/acumulação de conhecimento científico no período de "ciência

normal" (com os paradigmas estabelecidos), ocorrendo a ruptura durante as revoluções científicas (mudança de paradigma).

Deste modo ao considerar imprescindível caracterizar as rupturas, não descarto a continuidade no processo da apreensão do conhecimento científico pelo educando. Defendo exatamente o contrário: há continuidade, mas para que ela seja garantida é necessária a ruptura. A apreensão do objeto do conhecimento pelo educando de 1º e 2º graus ocorrerá por hipótese segundo um processo de continuidade-ruptura-continuidade.

Acredito que o conhecimento prevalente do educando - particularmente o caracterizado pelas concepções alternativas - implique na continuidade do conhecimento vulgar para interpretação dos fenômenos. A aquisição dos paradigmas da Ciência deverá ocorrer num processo de ruptura com aquele conhecimento prevalente para que seja possível a continuidade da interpretação dos fenômenos, via conhecimento produzido pela Ciência e não pelo conhecimento vulgar.

É importante deixar claro que não pretendo afirmar que o conhecimento prevalente do educando de 1º e 2º graus (mais propriamente as concepções alternativas) seja totalmente abandonado e que, após a apreensão do paradigma, os conceitos relacionados nas generalizações simbólicas sejam absolutamente prevalentes. O próprio modelo kuhniano não permite esta inferência. Afinal, ao se investigar um particular problema, devemos fazer um recorte localizando os paradigmas disponíveis com os quais se poderá solucioná-lo. Dependendo do problema em questão, os paradigmas serão os da Física clássica ou os da Física quântica, por exemplo, podendo o pesquisador transitar entre os paradigmas "velhos" e os "novos", uma vez que, devido à sua formação, compartilha tanto de um como de outro.

Assim, não excluo a possibilidade do educando de 1º e 2º graus transitar entre o seu conhecimento vulgar e o conhecimento produzido pela Ciência, desde que este último tenha sido incorporado, isto é, desde que os paradigmas passem a ser compartilhados pelo educando. A escola de 1º e 2º graus é o local em que se oferece a oportunidade de formação inicial do educando de tal modo que ele venha a compartilhar dos paradigmas, e deve garantir, no processo educativo, a ocorrência das rupturas para o coletivo dos educandos.

É no processo continuidade-ruptura-continuidade que há pontos de acordo, mas também de desacordos, entre Kuhn e Piaget. Uma discussão mais pormenorizada se faz necessária.

Piaget e Garcia (1984), ao analisarem a proposta kuhniana, procuram explicitar as concordâncias e as discordâncias. Partem também da versão matriz

disciplinar e exemplares do paradigma (p. 236): *"O desenvolvimento da ciência é assim caracterizado por Kuhn como grandes períodos de 'ciência normal' com intervalos excepcionais de 'ciência revolucionária'. Até aqui, nosso acordo. Kuhn é indiscutivelmente um bom historiador da ciência, e sua maneira de dar conta de como a ciência se desenvolveu coincide nas suas grandes linhas com a nossa. Mas aqui termina também nosso acordo: as implicações epistemológicas que Kuhn extrai são fundamentalmente distintas da nossa"* (Piaget, 1984, p. 237; tradução minha).

Nas páginas seguintes, os dois autores continuam a analisar Kuhn bem como a posição de outros filósofos da Ciência. Apresentam e comentam as conhecidas posições de Popper, Lakatos e Feyerabend, também as de Russel Hanson e Stephen Toulmin (pp. 238-241). Incluem Kuhn neste grupo, concluindo: *"Os seis tiveram o mérito conjunto de ter mostrado a insuficiência da análise neopositivista para dar conta do conhecimento científico. Eles demoliram a partir da década de cinquenta ... a concepção que restringia a análise da ciência a um processo de reconstrução racional, inteiramente independente do processo de descoberta. Mas a partir daí começam as divergências. Todos estão de acordo que a análise da ciência não pode reduzir-se à justificação das teorias; mas diferem entre si quanto ao modo de introduzir o processo de descoberta. As diferenças são profundas "* (Piaget, 1984, p. 241; tradução minha).

E mais adiante: *"Os elementos de análise propostos ao longo desta obra nos permitem supor que é possível por uma certa ordem neste caos ... Nosso ponto de partida é a continuidade no desenvolvimento do sistema cognitivo desde criança até o homem de ciência, passando pelo adulto 'normal' (não sofisticado pela ciência). Esta continuidade não pode ser 'postulada', senão que deve resultar de uma investigação ex post facto"* (Piaget, 1984, p. 242; tradução minha).

Fazendo uso da análise comparativa entre a psicogênese e a história da Ciência, realizada ao longo do livro, Piaget e Garcia concluem que os mecanismos de ação mostram características comuns muito surpreendentes: *"Mas essa continuidade dos mecanismos que regulam o desenvolvimento cognitivo não exclui as discontinuidades no processo, senão que pelo contrário as determinam"* (Piaget, 1984, p. 242; tradução minha).

Em suma, o desenvolvimento cognitivo neste modelo é decorrência de um processo "contínuo" de continuidade-descontinuidade-continuidade, que de algum modo deve se relacionar com a descrição que fiz da minha compreensão da continuidade-ruptura-continuidade que ocorrerá com o educando de 1º e 2º graus durante o processo educativo para a sua introdução e apreensão dos paradigmas.

Piaget e Garcia argumentam que os únicos fatores realmente onipresentes nos desenvolvimentos cognitivos são de natureza funcional e não estrutural: *"Tais fatores funcionais estão vinculados à assimilação do que é novo nas estruturas precedentes, assim como à acomodação destas ao que é um novo objeto de conhecimento"* (Piaget, 1984, p. 242; tradução minha).

Usarei um exemplo para explorar esta última afirmação. A proposição do fóton, com a revolução da Física Quântica, após ter sido compartilhado o paradigma do eletromagnetismo maxwelliano pela comunidade de físicos, pode encaminhar uma discussão sobre os fatores funcionais vinculados à assimilação.

Historicamente o modelo corpuscular para a luz é anterior a Einstein. Newton, no século XVII, por motivos distintos dos de Einstein, propunha um modelo essencialmente corpuscular para a luz, criando uma polêmica com Huygens que trabalhava com um modelo ondulatório. As contribuições de Ampère, Faraday e Oersted, entre outros, possibilitaram a Maxwell, no século XIX, propor o modelo de onda eletromagnética para a luz. A existência de ondas eletromagnéticas foi posteriormente confirmada pelo experimento de Hertz. No entanto, o modelo ondulatório é incompatível para explicar o efeito fotoelétrico, havendo a necessidade do modelo corpuscular, proposto por Einstein no início do século XX.

A assimilação do fóton (novo) na estrutura cognitiva dos físicos do início do nosso século levou à sua acomodação a um novo objeto de conhecimento, ou seja, a luz como uma dualidade onda-partícula. A questão que isto suscita é: Que fatores funcionais estão vinculados à assimilação do novo pelas estruturas?

Chiarottino (1988) afirma que uma contribuição de Piaget foi dar status de "estruturas orgânicas não-observáveis" às estruturas mentais: *"A hipótese piagetiana da existência de estruturas mentais no organismo, mas cuja presença só se pode inferir por seus efeitos ... implica a aceitação de algo que é orgânico, mas não se confunde com o que até aqui a medicina e a biologia têm conceituado como tal... Com a teoria de Piaget, modifica-se o conceito de 'orgânico'; as estruturas mentais são orgânicas, porém não-palpáveis, isto é, não-observáveis"* (Chiarottino, 1988, p. 16; grifo meu).

Neste sentido, as estruturas mentais do ser humano, no modelo piagetiano, têm um caráter de universalidade como, por exemplo, o das outras estruturas orgânicas, tais como as dos aparelhos digestivo, circulatório e respiratório, com a particularidade daquelas serem, segundo Piaget, "estruturas nada programadas", isto é: *"as possibilidades genéticas do ser humano, com respeito às estruturas mentais específicas para o ato de conhecer, estão determinadas pela espécie; mas sua atualização vai depender do*

*meio ... Insistindo, as possibilidades dos seres humanos são as mesmas; sua concretização é que dependerá das solicitações do meio .... Piaget acredita, portanto, que existem estruturas específicas para o ato de conhecer - as estruturas mentais - que, sendo orgânicas, não estão programadas no genoma; sua construção vai depender das solicitações do meio. Essa posição supera a dicotomia meio x organismo. A interação organismo x meio, ou seja, a troca ... acontece através do processo de adaptação com seus dois pólos: a assimilação e a acomodação. ... A adaptação do ser humano ao meio, segundo Piaget, se realiza por meio da ação" (Chiarottino, 1988, pp. 9-10).*

Assim, para a análise dos fatores funcionais vinculados à assimilação do fóton - o o quê para além do como - se faz necessário considerar, de um lado, o meio, e de outro, as próprias ações que levaram à sua assimilação, dada a interdependência existente.

Encaminharei a análise, explorando uma possibilidade. A estrutura do aparelho digestivo, articulada com as do circulatório e respiratório, tem a característica potencial intrínseca, através do seu mecanismo de funcionamento, de assimilar, por exemplo, aminoácidos essenciais que não são produzidos pelo organismo humano (Stryer, 1982, p. 449). No entanto, estes só podem ser assimilados na medida em que externamente o meio providencie as condições para que se possam ingerir alimentos que contenham proteínas.

No caso da assimilação pelas estruturas mentais, o mecanismo de funcionamento propicia a assimilação desde que externamente o meio, com o qual há a interação, também providencie as condições para que tal ocorra. E aqui a situação não é tão simples quanto a ingestão de alimento e oxigênio. No modelo piagetiano, são as ações que fazem a interface entre o endógeno e o exógeno, e elas são caracterizadas como intervenções intencionais, ou seja, não será qualquer ação que permitirá uma determinada assimilação da mesma forma que não é qualquer alimento que permitirá a assimilação de aminoácidos essenciais.

Com esta exposição parece ser possível interpretar e compreender por que, mesmo que historicamente o modelo corpuscular para a luz tivesse sido proposto anteriormente a Einstein, o conceito e a assimilação do fóton não ocorreram antes. Os problemas que Newton se propunha investigar, bem como o modelo mecânico que tinha à disposição, não eram os mesmos que se apresentavam a Einstein, da mesma maneira que o instrumental teórico disponível, exigindo, portanto, distintas intervenções intencionais.

Mais significativo, ainda, é o fato de que no próprio experimento de Hertz, que confirmou o modelo ondulatório maxwelliano para a radiação, estivesse também presente o efeito fotoelétrico (Whittaker, 1951, p. 356) que, no entanto, não levou Hertz a construir o conceito de fóton e o modelo corpuscular, mas exatamente o modelo ondulatório com o qual é excluída a possibilidade do fóton.

Segundo a interpretação que estou dando, as ações de Hertz, ou seja, suas intervenções intencionais, estavam sendo dirigidas para a constatação e construção experimental <sup>das</sup> ondas eletromagnéticas previstas pelo modelo de Maxwell.

Diferentemente, estabelecido o problema da inconsistência do modelo ondulatório para a explicação do efeito fotoelétrico, as ações de Einstein, que, conforme vimos no capítulo I, foram direcionadas pela proposição do quantum, o levaram a construir o modelo corpuscular, com o qual se pôde assimilar o conceito de fóton.

Mais adiante pretendo retornar à análise da ação e o seu imbricamento com problemas que se colocam aos sujeitos na construção do objeto e do conhecimento.

No momento, retorno à análise da descontinuidade feita por Piaget:

*"O aspecto funcional do desenvolvimento cognitivo explica a relativa estabilidade das estruturas adquiridas, o processo de desequilíbrio de uma estrutura, e o processo de reequilíbrio do sistema em uma estrutura de ordem superior. É evidente que a passagem de uma estrutura a outra constitui uma descontinuidade, um salto. É evidente, também, que dita passagem não é previsível, nem regulada por normas. E esta posição demonstra, assim mesmo, que as estruturas adquiridas têm uma estabilidade interna que lhes permite resistir às 'perturbações' (por exemplo, as tentativas de refutação direta). Até aqui estamos com Kuhn (e parcialmente com Feyerabend) contra Popper" (Piaget, 1984, p. 242; tradução minha).*

Quer dizer, são os próprios fatores funcionais que, se de um lado mantêm a estrutura cognitiva do educando, que usa o seu conhecimento prevalente (particularmente as concepções alternativas) para interpretar fenômenos e resistir às "perturbações" para desestabilizar essa estrutura, como que criando 'barreiras', de outro a desequilibrarão e farão a passagem com descontinuidade para uma estrutura de "ordem superior".

Assim, é a função dos elementos da estrutura e a inter-relação deles que em última análise desequilibram a estrutura e a reequilibram, após um salto, em uma estrutura de "ordem superior".

Piaget e Garcia continuam: "No entanto, as reestruturações não são saltos no vazio: têm uma lógica interna colocada em evidência ao nível psicogenético há mais de meio século ... E aqui estamos não só contra Kuhn e Feyerabend, mas também contra todo o grupo que foi objeto da análise precedente" (Piaget, 1984, p. 242; tradução e grifo meus).

Particularmente, o desacordo com Kuhn é o seguinte: "No caso de Kuhn ... para explicar como um estudante aprende seus 'exemplares', faz uma tentativa para reconstruir como uma criança aprende 'o que é um pato', sem preocupar-se em investigar empiricamente (isto é, com crianças reais), se é assim que as crianças aprendam. Várias décadas de investigações com crianças permitiram à psicologia genética mostrar que não é assim que aprendem as crianças" (Piaget, 1984, p. 243; tradução minha).

Piaget e Garcia referem-se à exposição de Kuhn (1987), quando este procura explicar que o estudante, ao enfrentar um problema, procura vê-lo como um ou mais problemas exemplares que já encontrou, resolvendo-o por similaridade. Para tanto, Kuhn descreve e analisa como uma criança (Pepe, na sua narrativa) aprende a identificar e agrupar cisnes, gansos e patos (Kuhn, 1987, pp. 333 e seguintes), fazendo uso destes como análogos aos seus "exemplares". Kuhn conclui: "em suma, Pepe aprendeu a aplicar rótulos simbólicos à natureza, sem nada parecido às definições nem regras de correspondência. Na falta delas, emprega uma percepção aprendida, e não obstante primitiva, de similitude e diferença. Ao adquirir a percepção, adquiriu também algum conhecimento sobre a natureza" (Kuhn, 1987, p. 337; tradução minha).

É contra o modelo explicativo usado por Kuhn para descrever o como, <sup>que</sup> Piaget e Garcia reagem, apresentando como opção para interpretar a aprendizagem, o modelo da psicologia genética.

Mas Kuhn é cuidadoso e procura não generalizar a argumentação do seu modelo explicativo quanto à apreensão dos "exemplares" e do seu uso para a solução de problemas. Na continuidade da análise afirma: "Devo ressaltar que de nenhuma maneira suponho que a técnica de Pepe seja a única com a qual se adquire e armazena conhecimento". (Kuhn, 1987, p. 337; tradução minha).

Podemos, então, para efeito da análise das rupturas aqui defendidas, continuar a supor, como modelo para a continuidade-descontinuidade-continuidade, o piagetiano, desde que Kuhn reconhece a não-universalidade da sua explicação para a apreensão dos exemplares. Ainda, este modelo não é incompatível com o uso da



proposta de Kuhn, pelo contrário, ambos não só se endossam mutuamente nos pontos essenciais da análise que estou realizando, como também a discordância entre as distintas interpretações psicológicas de cada um, na verdade, pode oferecer a oportunidade de aprofundar a argumentação em prol da ruptura.

Neste sentido, o modelo da equibração-desequibração, que implica na descontinuidade, pode ser usado para interpretar a assimilação pelo educando dos conceitos e das relações contidos nos elementos "generalização simbólica" e "exemplares" da matriz disciplinar, isto é, o como isto ocorre pode ter como pressuposto para esta análise o modelo piagetiano pois ele fundamenta a descontinuidade.

Mas a apreensão do paradigma, o qual contém esse o quê e é construído pela comunidade científica, é estruturada pela matriz disciplinar. Como há uma inter-relação entre seus elementos que devem funcionar como um todo articulado, a hipótese de rupturas para a sua apreensão pelo educando de 1º e 2º graus inclui a descontinuidade na assimilação dos conceitos e relações das "generalizações simbólicas" e "exemplares", mas não deverá estar restrita a essa descontinuidade. Retorno ao próprio modelo piagetiano para fazer a análise.

Vimos que são fatores funcionais que explicam a relativa estabilidade das estruturas, o processo de desequibração e o de reequibração para uma "estrutura superior". Argumentei sobre a interdependência do mecanismo de funcionamento das estruturas com o meio e as ações.

Vejamos o posicionamento de Piaget e Garcia quanto à relação entre os mecanismos de aquisição de conhecimento e contexto social, uma das componentes do meio: *"devemos diferenciar, por uma parte, os mecanismos de aquisição de conhecimento que um sujeito tem à sua disposição e, por outra, a forma em que é apresentado o objeto que irá ser assimilado por tal sujeito. A sociedade modifica a última, mas não os primeiros. A significação atribuída a um objeto em um dado momento, dentro do contexto de suas relações com outros objetos, pode depender, em grande medida, de como a sociedade estabelece ou modifica a relação entre o sujeito e o objeto"* (Piaget, 1984, p. 245).

A minha interpretação para o caso que explorei e discuti sobre a luz e a assimilação do fóton parece estar de acordo com esta afirmação de Piaget e Garcia.

Para aprofundar a exposição da minha compreensão sobre este ponto, ou seja, o que é assimilado pelo sujeito, recorro a um exemplo que Piaget e Garcia fornecem, esboçando o que denominam "sociogênese do conhecimento". Eles introduziram o conceito de "paradigma epistêmico" (Piaget, 1984, p. 232), sustentando a

tese de que um sujeito enfrenta a experiência *"com um instrumental cognitivo que lhe permite assimilar e por conseguinte interpretar os dados que recebe dos objetos, mas também assimilar informações que são transmitidas pela sociedade na qual está imerso, informações estas sobre objetos e situações já interpretados por esta sociedade"* (Piaget, 1984 p. 232; tradução minha).

Portanto, após desenvolver as estruturas lógicas fundamentais que constituiriam os instrumentos básicos cognitivos, *"o sujeito já dispõe, além destes, de uma concepção de mundo que condiciona a assimilação posterior de qualquer experiência. Esta concepção de mundo atua em diferentes níveis e de diferentes maneiras em cada nível"* (Piaget, 1984, p. 232; tradução minha).

Ao esclarecerem essa sua tese, expõem um exemplo histórico, comparando a época de esplendor da civilização grega com o mesmo período vivido na China, onde ocorrera, segundo Piaget e Garcia, um extraordinário desenvolvimento da Ciência. Dão como referência a obra de Needham *Ciência e Civilização na China*.

Exploram o princípio da inércia, mostrando que, contrariamente aos gregos, os chineses o "admitiam". Citam a seguinte afirmação de um pensador chinês do século V a. C.: *"O término de um movimento se deve a uma força oposta. Se não há força oposta, o movimento nunca cessará'... Ao que se deve uma afirmação que, tão absurda para os gregos, fora uma verdade clara e evidente para os chineses?"* (Piaget, 1984, p.232; tradução minha).

Segundo a interpretação de Piaget e Garcia, encontra-se aí uma das raízes entre a Ciência e a ideologia, e a resposta à pergunta evidencia um dos mecanismos epistemológicos pelos quais a ideologia de uma determinada sociedade condiciona o tipo de Ciência que esta desenvolve. Acredito que qualquer semelhança entre o "paradigma epistêmico" de Piaget e os "valores" e "partes metafísicas" do paradigma de Kuhn não seja mera coincidência.

Assim, na continuidade da argumentação, afirmam que a concepção aristotélica do mundo era completamente estática, o "estado natural" dos objetos era o repouso; portanto, todo movimento exigia uma força, resultando como inconcebível o princípio da inércia.

*"Contrariamente, para os chineses, o mundo estava em constante 'devir'. O movimento, o fluxo contínuo, é o estado natural de todas as coisas do universo; e, portanto, o movimento não precisava ser explicado. A força intervém para modificá-lo ou pará-lo, assim, só o repouso ou a mudança de movimento precisam ser explicados"* (Piaget, 1984, p. 233; tradução minha).

Piaget e Garcia conjecturam: *"Talvez a fundamentação filosófico-religiosa desta idéia se encontre na afirmação de Yang Hsing (20 a.C.): 'todas as coisas são engendradas por impulsões intrínsecas: só o seu debilitamento e a sua decadência provêm parcialmente de fora'*". Prosseguindo, afirmam: *"Difícilmente se poderia encontrar um exemplo mais claro de como duas concepções de mundo diferentes conduzem a explicações físicas diferentes"* (Piaget, 1984, p. 237; tradução minha).

E aqui quero ressaltar, deste exemplo, que os conhecimentos construídos tanto pelos gregos quanto pelos chineses naquele período são de certo modo pré-científicos, no sentido de que historicamente são anteriores ao surgimento da Ciência Moderna. Portanto, a "sociogênese do conhecimento" e o conceito de "paradigma epistêmico", da forma como foram empregados por Piaget e Garcia são variáveis que contribuem para a produção de conhecimento, mesmo que não seja o científico.

O exemplo que explora a sociogênese do conhecimento através de culturas absoluta e indiscutivelmente distintas, ou seja, incomensuráveis, possibilita a concretude da afirmação feita por Kuhn: *"Em um sentido que não posso explicar melhor, os proponentes de paradigmas praticam suas transações em mundos diferentes. Praticando em mundos diversos, os dois grupos de cientistas vêem coisas diferentes quando olham o mesmo ponto, na mesma direção"* (Kuhn, apud Epstein 1988, p. 93).

Portanto, não é simplesmente metafórica a referência às mudanças na concepção de mundo, ainda que se considere que não haja mudança física de local do sujeito nem que o "mundo tenha mudado com a apreensão do paradigma". Ou seja, não é absurdo admitir que a assimilação do princípio da inércia pelo educando de 1º e 2º graus no Brasil (como em qualquer outro país) possa inseri-lo numa concepção de mundo distinta daquela que originou a sua concepção alternativa sobre o movimento.

Neste sentido, é possível argumentar que há interdependência dos fatores funcionais das estruturas cognitivas com outros fatores funcionais de estruturas mais amplas na construção do objeto do conhecimento, isto é, o que é construído. A estrutura do paradigma no modelo kuhniano possibilita estabelecer uma interdependência entre alguns destes fatores funcionais, desde que na matriz disciplinar estão presentes também partes metafísicas e valores. Esses elementos estão contidos na ideologia da comunidade que produz conhecimento.

É a seguinte a interpretação de Piaget e Garcia: *"que a atenção do sujeito seja dirigida a certos objetos (ou situações) e não a outros: que os objetos sejam situados em certos contextos e não em outros; que as ações sobre os objetos sejam dirigidas em certa forma e não em outras; tudo está fortemente influenciado pelo meio social e cultural ... Mas todo esse condicionamento não modifica os mecanismos que necessita esta*

*espécie biológica tão particular que é o ser humano para adquirir o conhecimento desses objetos, nesses contextos com todas as significações particulares socialmente determinadas que já lhe tenham sido atribuídas" (Piaget, 1984, p. 245; tradução e grifo meus).*

Deste modo, se Piaget fornece um modelo explicativo para a assimilação de conceitos científicos relacionados nas "generalizações simbólicas" através de descontinuidades, não desconsidera, mas apenas acena para a sua relação com a sociogênese do conhecimento, ou seja, o seu "paradigma epistêmico". Kuhn avança mais, na medida em que considera explicitamente na estrutura da matriz disciplinar elementos relacionados à sociogênese, quais sejam, "as partes metafísicas" e "valores" da comunidade que fazem parte da construção e da assimilação de conhecimento científico.

A caracterização das rupturas não se refere unicamente à descontinuidade do modelo piagetiano. É razoável supor, para efeito desta análise, que os fatores funcionais que explicam a estabilidade da estrutura do paradigma, o processo de desequilíbrio do paradigma e o processo de reequilíbrio para a estrutura de um novo paradigma não se restringem aos das estruturas mentais.

Esta argumentação pode ser analisada sob um outro ângulo: a construção do conhecimento, científico ou não, não é dicotomizável em "método" e "conteúdo", ou seja, em como e o quê.

Parece que esta é a melhor lição que podemos tirar da matriz disciplinar de Kuhn, enquanto contribuição para a educação em Ciências. O paradigma, na versão matriz disciplinar, explícita a indissociabilidade "método-conteúdo", no sentido de que os "conteúdos" das generalizações simbólicas e exemplares abstraídos cognitivamente se articulam com os "conteúdos" das partes metafísicas e valores. Aqueles dois primeiros não fazem sentido sem os dois últimos, pois estes estão contribuindo para dar uma direção à construção do conhecimento científico.

Do ponto de vista do modelo piagetiano a construção do conhecimento pelo sujeito ocorre a partir da interação sujeito-objeto, através da ação. É legítimo supor, então, que não é qualquer ação do sujeito interagindo com o objeto que lhe possibilita a construção de um conhecimento científico. Pode argumentar, com o exemplo do fóton, que não é qualquer ação que possibilita a construção e assimilação de qualquer conceito. Também pelo modelo piagetiano infere-se a indissociabilidade "método-conteúdo", no sentido de que, mediatizado pela ação, o processo de equilíbrio, desequilíbrio, reequilíbrio das estruturas, resulta na construção de um conhecimento significativo ("conteúdo") que não é necessariamente o construído pela

Ciência, mas indissociável do seu próprio processo de construção. É a ação, então, que precisa ser analisada para que se possa avançar um pouco mais na compreensão das rupturas.

O trabalho de Piaget e Garcia, no livro *Psicogênese e História da Ciência*, colocou em evidência que os mecanismos de ação mostram características comuns muito surpreendentes, quando se comparam a psicogênese e a história da Ciência, particularmente as comparações realizadas sobre o tema movimento. No entanto, tanto por via histórica, numa interpretação de Koyré, conforme exposto no capítulo I, como por via epistemológica, numa interpretação de Kuhn, a origem da Ciência moderna exigiu uma modificação na concepção de mundo e, portanto, filosófica e valorativamente distinta daquela anterior à sua criação.

Em que medida as ações dos sujeitos relacionam-se com os valores filosófica e socialmente estabelecidos? São os próprios Piaget e Garcia que auxiliam na busca de uma resposta a esta questão. Vejamos.

Os autores sustentam que *"os mecanismos de passagem de um período histórico ao seguinte são análogos aos da passagem de um estágio psicogenético ao estágio seguinte"* (Piaget, 1984, p. 33; tradução minha).

Com o objetivo de ilustrar e "verificar" (as aspas foram colocadas pelos autores) esta hipótese, fazem uma análise histórica do tema movimento, desde Arsitóteles até a Mecânica do Ímpetus (capítulo.I do livro), concluindo que o desenvolvimento do tema movimento *"se mantém, até o começo da Idade Moderna, suficientemente próximo ao pensamento pré-científico da criança ou do adolescente, quando estes tentam explicar os mesmos fenômenos, de modo que podemos colocar em evidência um notável paralelismo no conteúdo mesmo das noções que entram em jogo em um e outro caso"* (Piaget, 1984, p. 35; tradução minha).

É importante ressaltar que os "instrumentos e mecanismos comuns", que foram explicitados e analisados pelos autores (p. 32), entre as passagens das fases históricas e as etapas da psicogênese, mostram que a evolução das noções no curso da história e do desenvolvimento psicogenético, referem-se ao próprio conteúdo das noções sucessivas (p. 32), concluindo: *"o que é compreensível, visto que se trata de concepções que são de certo modo pré-científicas"* (Piaget, 1984, p. 32; tradução e grifos meus).

Ou seja, o conhecimento construído autonomamente ou "espontaneamente" por um sujeito, interpretado pelo viés da psicogênese, é consistente com aquele construído historicamente para as noções tidas hoje como pré-científicas, exigindo de

Piaget e Garcia a seguinte conclusão: *"mas seria absurdo buscar uma generalização do referido paralelismo de conteúdos no caso das teorias propriamente científicas, como aquelas que formam parte da evolução mecânica, desde Newton até a relatividade e a mecânica quântica. A parte essencial de nossa investigação não se referirá, por conseguinte, ao conteúdo das noções, senão aos instrumentos e mecanismos comuns de sua construção"* (Piaget, 1984, p. 32; tradução e grifos meus).

Fica claro, portanto, a necessidade dos dois investigadores terem feito referências à sociogênese do conhecimento como uma das variáveis da construção do conhecimento científico.

Dá que as noções construídas pelas Ciências moderna e contemporânea não poderiam ser construídas "autônomoamente" ou "espontaneamente" por um sujeito. As conceituações desenvolvidas, por exemplo, quer pela mecânica newtoniana, quer pelas pós-newtonianas, foram construídas coletivamente e isto é o que Kuhn deixa claro ao dar uma estrutura para a produção do conhecimento científico, na sua proposta de paradigma. Ele é compartilhado pela comunidade que o constrói, articulando o paradigma filosófico (Masterman) ou partes metafísicas do paradigma (Kuhn); o sociológico (Masterman) ou valores (Kuhn) com os de construção (Masterman) ou generalizações simbólicas e exemplares (Kuhn).

Mesmo sem explicitar essa estrutura para a construção do conhecimento científico, Piaget e Garcia de certo modo a endossam, como se pode concluir a partir das considerações que fazem sobre o que denominaram de "paradigma epistêmico" e "paradigma social" (Piaget, 1984, pp. 229 e seguintes) bem como da análise sobre a psicogênese e história da Ciência para o tema movimento.

O caráter coletivo da produção científica, enquanto mudança qualitativa na construção de conhecimentos, é por eles reconhecido e enfatizado: *"da 'ciência do movimento' de Aristóteles não fica ... nada resgatável. O penoso e grande caminho que conduz dele a Galileu, Huygens e a Newton mostra, como veremos ... (que) o surgimento da mecânica ... significa a liquidação lisa e plana das idéias sobre a 'dinâmica' que se construíra nos séculos precedentes. A renovação não é só conceitual, mas também metodológica"* (Piaget, 1984, p. 36; tradução e grifos meus).

E, para esse conhecimento construído, que constitui um conteúdo, reconhecem a limitação psicogenética para a sua construção: *"Depois que uma disciplina foi construída de uma forma científica ... está claro que não é questão de buscar tais parentescos de conteúdo entre esses conceitos e os que se elaboram no curso da*

*psicogênese, pois estes últimos ... não têm ... nenhuma das características teóricas do pensamento científico" (Piaget 1984, p. 67; tradução e grifo meus).*

Mas tanto um como outro conhecimento, pelo modelo piagetiano, são construídos na interação sujeito-objeto, mediatizados pela ação "com instrumentos e mecanismos comuns" e quando os dois investigadores referem-se a uma renovação "não só conceitual, mas metodológica", está implícita uma mudança relativa das ações dos sujeitos sobre os objetos de conhecimento. É esta mudança que precisa ser investigada para que se procure uma resposta à questão colocada sobre a relação das ações dos sujeitos com valores social, cultural e filosoficamente estabelecidos, tendo em vista que o conhecimento científico é um empreendimento coletivo.

### O PAPEL DA AÇÃO. MAS QUAL AÇÃO?

Partirei da caracterização da ação fornecida por Piaget para iniciar a análise da questão: *"uma ação consiste numa intervenção intencional (por oposição a espirrar, etc.) seja sobre a realidade exterior, seja sobre seres construídos pelo sujeito, como classes e números (eles próprios originados de ações anteriores). Como tal, toda ação comporta uma significação. Mas, reciprocamente, toda significação é relativa a ações e, mesmo considerando aquela de um objeto imóvel, tem-se que suas propriedades ou predicados são relativos a ações, tais como classificações, correspondências, etc."* (Piaget, 1979, p. 2; grifo meu).

Assim, um ponto fundamental para a análise é o da **intencionalidade e da significação**, o que me parece assaz complexo. No entanto, será possível estabelecer pelo menos uma diferença de intenção existente entre o período pré-Ciência moderna e o período em que esta teve origem, quando os problemas colocados pelos sujeitos não eram os mesmos, como concluem Piaget e Garcia: *"ainda que a constituição de uma ciência experimental supõe uma metodologia, esta não é suficiente porque sua aplicação é função dos problemas que o sujeito se formula. ... Mas os únicos problemas que podiam formular os metodólogos medievais referiam-se a certos pontos particularmente discutíveis da física de Aristóteles e não ao seu valor de conjunto: para isso fazia falta, sem dúvida, o movimento coletivo de idéias que não começou senão depois do Renascimento"* (Piaget, 1984, p. 87; tradução e grifo meus).

Mas a relação problema-metodologia articula-se implicitamente com *intervenções intencionais com significação - as ações - dos sujeitos sobre a realidade*

exterior. Conforme procurarei argumentar, a influência do "movimento coletivo de idéias", não só depois mas durante o próprio Renascimento, representou um papel fundamental nas ações dos sujeitos, interagindo com os objetos do conhecimento.

Para o exame dessa influência, bem como das rupturas que investigo, com a finalidade de considerá-las no modelo didático-pedagógico, é preciso que se faça referência a um aspecto, que até o momento não foi enfatizado, da sociologia do conhecimento, conforme conceituação de Piaget e Garcia (Piaget, 1984, p. 230).

Distintamente da sociogênese, que está mais propriamente relacionada a fatores culturais, antropológicos e filosóficos, a sociologia do conhecimento está ligada a fatos sociais, políticos e econômicos (Piaget, 1984, p. 230) que dão também uma direção à produção de conhecimento. Por exemplo, financiamento de pesquisa privilegiando determinadas áreas de interesse político e econômico. Está implícita a interdependência, dada a historicidade, entre a sociogênese e a sociologia do conhecimento. No entanto, esta distinção é útil na medida em que possibilita identificar e explicitar um dos fatores (filosófico, econômico, etc.) e, ao analisá-lo, procurar a sua relação com outros.

Para esse exame será necessária uma visão externalista da história da Ciência, que não considero incompatível com o "roteiro-guia" que estou utilizando, isto é, o modelo kuhniano. O próprio Kuhn reconhece a influência externa na produção do conhecimento científico: *"claro está que meu livro tem pouco que dizer sobre tais influências externas, mas isso não deve ser interpretado como negação de que estas existam. ... o livro pode ser considerado como o primeiro passo para aqueles que tratam de aprofundar-se no estudo das formas que adotam tais influências externas ... Provas da existência de tais influências se encontram em outros artigos deste livro, especialmente 'A Conservação da Energia' e 'A Tradição Matemática e a Tradição Experimental' "* (Kuhn, 1987, p. 15; tradução minha).

A partir de uma visão histórica externalista pretendo argumentar que há fatos históricos relativos à mudança dos meios e relações de produção que direcionaram e enquadraram as ações dos sujeitos em interação com os objetos de estudo. Não pretendo esgotar ou aprofundar o assunto, mas acenar para pontos importantes que auxiliarão na obtenção do modelo didático-pedagógico que é o objetivo principal desta tese. Limitar-me-ei a alguns fatos relacionados à Revolução Científica e ao nascimento da Ciência moderna, fazendo referência ao período que vai de 1440 a 1690, caracterizado por Bernal (1976, vol. 2, 4ª parte) em três fases, a saber: a do Renascimento de 1440 a 1540, a das guerras religiosas de 1540 a 1650 e a da



Restauração de 1650 a 1690, que, menos do que fases contrastantes, representaram a transição da economia feudal à economia capitalista (Bernal, 1976, vol. 2, p. 372).

O objetivo principal será tentar localizar ações específicas exercidas pelos sujeitos e sua relação com o "movimento coletivo de idéias", referido por Piaget e Garcia, que culminou com a interpretação dada pela Ciência moderna ao movimento dos corpos. Tentarei, também, examinar como tais ações possibilitaram o rompimento com o paradigma anterior e o surgimento do novo paradigma.

### Renascimento: 1440-1540

Uma das características fundamentais do Renascimento, que auxiliará na compreensão da relação problema-ação com aspectos sócio-econômicos, diz respeito ao que Piaget analisa como o par antitético "saber fazer" e "extrair as razões" (Piaget, 1979).

Do ponto de vista das mudanças sociais, o Renascimento marca o início da valorização do trabalho manual, de forma não verificada em períodos anteriores, representada sobretudo pelo trabalho dos artesãos e artistas. A divisão social do trabalho começa a desempenhar seu papel na construção de conhecimentos, que até então fora pouco significativo, particularmente na sistematização e divulgação de conhecimentos: *"As técnicas das artes e ofícios tornaram-se mais importantes durante o Renascimento que na época clássica porque deixaram de estar nas mãos dos escravos para estarem nas de homens livres, e estes já não se encontravam distanciados social e economicamente dos que governavam a nova sociedade como acontecera na Idade Média. Esta elevação da posição social dos artífices tornou possível reatar os elos entre as suas tradições profissionais e as dos estudiosos, que haviam andado desligadas quase desde o início das mais antigas civilizações. A combinação dessas duas vias levou tempo a processar-se e, de início, só muito gradualmente se difundiu através dos vários domínios do conhecimento e da ação. Mas, uma vez reunidos, não havia maneira de deter a combinação desses constituintes, que tinham características altamente explosivas... A prática entusiástica das artes e das técnicas forneceu os incentivos e os meios materiais para os progressos da nova ciência"* (Bernal, 1976, vol. 2, pp. 381- 383; grifo meu).

O consumo da produção de arte no Renascimento, que passa a se disseminar por um público maior que o dos senhores feudais e das instituições religiosas, ou seja, pela burguesia nascente, representou, segundo Bernal (1976, vol. 2), tanto nas nações católicas como nas protestantes, o interesse maior pela vida presente do que pela vida

futura (p. 380). Há um rompimento com as premissas e promessas eclesiásticas de um futuro celestial pós-morte e exigiu a modificação de atitudes em relação à aquisição de riqueza (p. 381), desde que, entre outros motivos, aquele consumo exigia o pagamento em dinheiro.

Le Goff (1982) assim atribui a grande influência que os mercadores tiveram no desenvolvimento artístico: *"em primeiro lugar, a encomenda e a aquisição de obras de arte representam para os mercadores e banqueiros uma fonte de lucro, um investimento. Alguns deles, pelo menos, consideravam essas obras como 'mercadorias', 'artigos'. ... A nobreza e a Igreja tinham sido na Alta Idade Média os únicos clientes dos artistas. Agora, os mercadores, esses novos-ricos, os poderosos do momento, juntam-se-lhes e revezam-se nesse papel. Aliás, com a riqueza, com a educação, com o contato com as obras de arte no decurso de suas viagens, os mercadores adquiriram, frequentemente, não apenas o desejo do luxo, mas também o gosto das coisas belas ... Eles não têm como tinham os nobres, os bispos e os abades, armas, emblemas, mitras, cruzes que simbolizem a sua posição social, prestam mais atenção à reprodução exata das suas feições. O realismo do retrato, que decorre de outros fatores da evolução da pintura, reflete também esse desejo que o mercador tem de ser reconhecido graças à semelhança"* (Le Goff, 1982, pp. 82 -88; grifo meu).

Se por um lado a produção artística passa a ser valorizada enquanto símbolo de riqueza da burguesia, além de uma "mercadoria", por outro lado propicia o *"estabelecimento, na maioria das cidades italianas, de ateliês que eram, ao mesmo tempo, universidades e laboratórios. ... Os artistas propunham-se novos problemas e encontravam para eles novos materiais e soluções intelectuais diferentes"* (Bernal, 1976, vol. 2, p. 386).

Além dessa participação dos artistas, a dos técnicos também se apresenta como fundamental na transição da economia feudal para a capitalista, representando para a construção do conhecimento a união entre o artífice e o "estudioso":

*"Exatamente por serem essenciais à produção, assim como ao dispêndio de dinheiro, os técnicos e os artistas deixaram de ser desprezados como o haviam sido nas épocas clássica e medieval ... o que era realmente novo era o respeito em que eram tidas as artes práticas da fiação, da tecelagem, da olaria, da soproagem de vidro e, acima de tudo, as que contribuíam para as necessidades gêmeas da riqueza e do poder - a dos mineiros e a dos metalúrgicos"* (Bernal, 1976, vol. 2, p. 381).

A relação socialmente dicotomizada em outros períodos históricos entre a *techne* e a *episteme* passa então, durante o Renascimento, a se alterar com a mudança dos meios e das relações de produção.

Piaget, em *Procedimentos e Estruturas* (1979), analisa o "saber fazer" e o "extrair as razões" como possuindo características bipolares que apresentam dois aspectos sempre solidários, mas aparentemente antitéticos.

Piaget expõe e analisa outros seis pares antitéticos no documento referido (*Procedimentos e Estruturas*), entre eles o par "ações" e "significações", concluindo: *"Se tentarmos sintetizar o que acabamos de analisar ... em termos de "Saber Fazer" de um lado e "Extrair as Razões" de outro ... estes dois passos, isoláveis um do outro no princípio, tendem em todos os campos a se associarem um ao outro, quaisquer que sejam os fracassos iniciais e os aspectos lentamente progressivos de sua união"* (Piaget, 1979, p.4).

Rossi (1989), ainda que não tenha a preocupação de enfocar e analisar o papel da ação no modelo piagetiano, como estou me propondo realizar, desenvolve mais profundamente a argumentação que estou usando sobre a união da *techne* e *episteme* devido ao trabalho dos artesãos e artistas. Igualmente atribui a valorização social destes à ascensão da burguesia (p. 40) e ao longo do seu livro explora o caráter coletivo dessa união, via socialização dos procedimentos e a divulgação dos trabalhos e livros publicados no período.

Rossi utiliza vasta referência historiográfica para, de um lado, defender o ponto de vista da influência daquele trabalho de união na mudança de valores que começa a permear a produção de conhecimentos e, de outro lado, localizar o embate ocasionado pela união da *episteme* com a *techne*, no conservadorismo das "universidades" vigentes no período. Rossi tira a seguinte conclusão:

*"Os textos a que nos referimos até agora remontam, todos eles, às cinco décadas compreendidas entre 1530 e 1580. Nos escritos ... encontramos a presença de uma série de temas comuns: os procedimentos dos artesãos, engenheiros e técnicos têm valor para fins do progresso do saber; reconhece-se nesses procedimentos a dignidade de fatos culturais, e os homens cultos, portanto, devem renunciar ao seu tradicional desdém pelas 'operações' e pela 'prática', abandonar toda concepção meramente retórica ou contemplativa do saber, voltar-se ao estudo e à observação das técnicas e artes ... encontramos explicitamente presente uma afirmação destinada a ter ampla difusão e singular destino na era da nova ciência: Alguns dos procedimentos utilizados pelos homens para produzir objetos de uso ou*

*construir máquinas ... favorecem o efetivo conhecimento da realidade muito mais do que aquelas construções intelectuais ou aqueles sistemas filosóficos ... A polêmica contra os 'pedantes' e contra o saber livresco desemboca aqui na afirmação de um novo tipo de conhecimento. A difusão alcançada por essas idéias, apresentadas em diversas formas em numerosíssimos textos, não deve levar a crer que fossem privadas de uma carga culturalmente revolucionária" (Rossi 1989, pp. 27-28; grifo meu).*

Pretendo pontuar algumas iniciativas de artistas plásticos e artesãos que, durante o Renascimento, representaram a colocação de *novos problemas*, e tentar localizar as *intervenções intencionais* - as ações - por eles empreendidas para as suas soluções. Explorarei o caráter coletivo dessas práticas, caracterizadas, de um lado, pela sua formação nos ateliês italianos (e as corporações de artesãos) e, de outro, a sua disseminação por outros países da Europa, sobretudo os do norte.

No entanto, deve ser ressaltado que há um caráter coletivo mais amplo condicionando e disseminando as iniciativas nos ateliês e nas corporações, relacionados mais propriamente ao domínio político e econômico, uma vez que, além da Renascença, o período entre 1440 e 1540 pode ser caracterizado, segundo Bernal, pelos seguintes outros acontecimentos: Grandes Navegações, Reforma e as "guerras que puseram termo à liberdade política na Itália e levaram ao aparecimento da Espanha como primeira grande potência mundial" (Bernal, 1976, vol. 2, p. 373).

Não farei a retrospectiva histórica desses acontecimentos, apenas destacarei alguns fatos do período que condicionaram os problemas e as ações dos sujeitos, agregados em corporações de artesãos e ateliês de artistas, na construção de conhecimentos.

Meu objetivo é argumentar que, além do surgimento de uma nova atitude filosófico-religiosa na construção de conhecimento científico - atitude caracterizada nesse período por uma ruptura no modelo do universo, com o desafio das imagens que a Idade Média herdara dos tempos clássicos, culminando com a proposição, por Copérnico, do modelo heliocêntrico - há determinantes históricos relacionados à transição da economia feudal para a capitalista, que balizaram as ações dos sujeitos na construção do conhecimento. Haverá, portanto, o imbricamento entre, o que Piaget e Garcia denominam "sociogênese do conhecimento" com a "sociologia do conhecimento".

Deste modo, a argumentação sobre as rupturas defendidas neste meu estudo poderá basear-se em três eixos: primeiro, o psicogenético, através das discontinuidades

do modelo piagetiano na construção e apreensão dos conceitos e relações das generalizações simbólicas e exemplares; segundo, o das partes metafísicas e valores da comunidade e, terceiro, o das próprias ações que em última análise são determinadas por problemas colocados pelo sujeito cognoscente. Conforme argumentarei, as ações exercidas sobre o objeto na construção de conhecimentos científicos têm, também, uma historicidade e um caráter coletivo, retroagindo e interagindo em certa medida com os valores constituídos e em constituição da comunidade que produz conhecimentos.

Piaget considera essa historicidade, ressaltando a temporalidade dos procedimentos e o seu imbricamento com estruturas na construção de conhecimentos: *"os ... pares que acabam de ser analisados intervêm todos ... nas relações entre procedimentos e estruturas.... A diferença essencial que permite distingui-las é que, se ambas comportam transformações, os procedimentos efetuam-nas ou utilizam-se com vistas a alcançar os objetivos particulares e variáveis e constituem, assim, procedimentos temporais, enquanto as estruturas consistem em agrupar as transformações para delas retirar as conexões num sistema de conjunto intemporal, sem outro objetivo que aquele, muito geral e comum a todos, de compreender a natureza da cognição"* (Piaget, 1979, p. 5; grifo meu).

### Algumas Contribuições dos Artistas Renascentistas

Destacam-se no Renascimento as seguintes contribuições dos artistas: desenvolvimento da visão e da perspectiva, o interesse pela natureza, particularmente pela anatomia do corpo humano, e o emprego da perspectiva na engenharia civil e militar. (Bernal, 1976, vol. 2, p. 386).

Um dos principais *problemas* colocados pelos pintores dizia respeito à representação em duas dimensões de figuras tridimensionais.

Leon Battista Alberti (1404-1472) publicou em 1434 seu *Trattato della Pittura*, onde expressa esse problema da representação plana de objetos com três dimensões, *"como a principal finalidade da pintura"* (Bernal, 1976, vol. 2, p. 387).

Para esse posicionamento frente ao problema e para a sua colocação no seu "trattato", Alberti dedicou-se *"inteiramente à arte e a aprender com trabalhadores manuais: aprendia com toda a gente, fazendo perguntas a ferreiros, a construtores civis e navais"* (Bernal, 1976, vol. 2, p. 387; grifo meu).

Tal atitude representou, pode-se dizer, um rompimento ou, pelo menos, uma *"oposição ao ideal de contemplação passiva e distante"* que caracterizava o período

anterior ao Renascimento, passando este a ter como uma das principais características "a exaltação das artes visuais e manuais" (Bernal, 1976, vol. 2, p. 384).

É nítida a diferença entre as pinturas, sobretudo sacras, dos períodos pré-renascentista e pós-renascentista. Nota-se o uso da perspectiva somente após o surgimento do Renascimento. Na pintura do período anterior os artistas não distribuíam os diferentes planos representados, tornando impossível a percepção da profundidade, ou seja, a representação plana do espaço tridimensional.

Interpreto, usando uma descrição de Bernal, que a nível das ações e procedimentos, a realização desse empreendimento "exigia de todos os pintores um conhecimento profundo de geometria e usava auxiliares ópticos como a câmara escura, para pintar paisagens, e a rede retangular de coordenadas para estabelecer o campo visual" (Bernal, 1976, vol. 2, p. 387).

Em outros termos: o problema da perspectiva determinou intervenções intencionais com significação não realizadas anteriormente para a concretização da sua representação.

Como um dos resultados, além das obras de arte, fica a disseminação e a coletivização desses conhecimentos e práticas: "No Renascimento, o conceito métrico básico de espaço tridimensional tornou-se quase um lugar-comum intuitivo, devido à realização deste programa por artistas como Masaccio, Piero della Francesca e Mantegna" (Bernal, 1976, vol. 2 p. 387).

Entre outras consequências, o domínio da representação em perspectiva viria auxiliar a preparação dos desenhos da construção civil e naval, dos artefatos técnicos, da anatomia e da fisiologia, sobretudo a representação de figuras em movimento. Um dos expoentes do período renascentista que se destacou tanto por sua criatividade quanto pelo uso que faz da perspectiva, na proposição dos mais variados artefatos e nos desenhos de figuras em movimento, foi Leonardo da Vinci, elevando a pintura ao status de "ciência", que assim passa, preponderantemente, a ser considerada. "A ciência da pintura trata de todas as cores das superfícies dos corpos e das formas dos corpos assim delimitados; da sua proximidade ou lonjura relativas; dos graus de diminuição requeridos conforme as distâncias aumentam gradualmente; além disso, esta ciência é a mãe da perspectiva, isto é, da ciência dos raios visuais" (Da Vinci, apud Bernal, 1976, vol. 2, p. 387).

Também, é muito significativo o posicionamento de Leonardo da Vinci para analisar as transformações nas relações entre os pares ação-significação e "saber fazer"

"extrair as razões", enquanto reflete mudanças de atitude frente à construção de conhecimento. Bernal ressalta que: *"Em resposta aos que condenavam a pintura como semimecânica, ele (Da Vinci) contrapõe, em flagrante contradição com Platão ... (que) ... a astronomia e as outras ciências também obrigam a operações manuais, embora tenham a sua origem na mente; exatamente como a pintura, que se origina na mente do que contempla, mas não pode completar-se sem a atividade manual. Os princípios verdadeiros e científicos da pintura ... só pela mente são compreendidos e não requerem quaisquer operações manuais; e são eles que constituem a ciência da pintura que permanece na mente dos seus contempladores; e é deles que nasce então a criação real que, em dignidade, é muito superior à contemplação ou ciência que a precede"* (Da Vinci, apud Bernal, 1976, vol.2, ps. 387-388).

Para além do juízo de valor presente neste pronunciamento de Da Vinci, é possível notar, de um lado, a presença das categorias "saber fazer" e "extrair as razões", bem como do seu imbricamento e, de outro lado, o que significou a pintura renascentista enquanto mudança de postura frente ao objeto do conhecimento.

Fica claro o caráter temporal dos procedimentos empregados, pois, afinal, o uso da perspectiva na pintura só passa a ocorrer com o Renascimento. É claro, também, o caráter intemporal das estruturas, aqui podendo ser interpretadas como as referências de Da Vinci aos "princípios verdadeiros e científicos da pintura", entre eles incluída a própria geometria euclidiana, estruturada anteriormente ao seu uso na pintura renascentista, mas não utilizada pelos pintores pré-renascentistas. Há, portanto, conhecimento construído pelos sujeitos através de ações e significações específicas a partir do emprego e abstração da geometria euclidiana na execução das pinturas, como solução dos problemas por eles colocados.

Valores já estabelecidos também entram em jogo, na medida em que a mera contemplação passa a ser questionada, levando à constituição de novos valores, desde que uma prática não-dicotomizada da teoria passa a ser considerada e valorizada: *"e é deles (os princípios da pintura) que nasce então a criação real que, em dignidade, é muito superior à contemplação ou ciência que a precede"*. Deste modo, é o próprio trabalho dos artistas, o qual envolve as suas ações específicas, que propicia o questionamento de valores prevalentes e o estabelecimento de novos, pelo menos nas artes. Da mesma forma, a postura filosófica, ou seja, as partes metafísicas envolvidas na construção do conhecimento, também são questionadas, exigindo a sua transformação: Da Vinci se coloca "em flagrante contradição com Platão".

Um segundo problema que se colocava o artista renascentista dizia respeito à representação da natureza silvestre e humana, uma vez que o *"Resascimento testemunhou o triunfo do movimento realista em arte"* (Bernal, 1976, vol. 2, p. 388).

Para tanto, se inicia uma prática, já não mais dicotomizada, das reflexões teóricas, envolvendo a geometria euclidiana. Tal prática viria a constituir, no século XVII, uma das bases da Ciência Moderna, resultando numa atitude que envolveu a mudança de valores. Trata-se da necessidade da observação imbricada ao conhecimento construído e em construção nas artes:

*"Tudo isso exigia a observação meticulosa da natureza silvestre - montanhas, rochas, árvores, flores, animais e aves - lançando assim os alicerces para uma geologia e uma história natural que já não se fundavam apenas nos livros e na lógica"* (Bernal, 1976, vol. 2, p. 388; grifo meu).

Mas é na representação realista do corpo humano que esse segundo problema exige outras *novas intervenções intencionais - as ações - e novos procedimentos*: *"Acima de tudo, tal arte requeria o estudo da anatomia do próprio corpo humano, para descobrir o mecanismo subjacente aos gestos e às expressões"* (Bernal, 1976, vol. 2, p. 388).

Assim, interpreto, usando uma descrição de Bernal, que ao nível das ações e procedimentos: *"o corpo humano era dissecado, explorado, medido, desenhado e explicado como uma máquina extremamente complexa. ... Alberte exortava o pintor a considerar primeiro os ossos, depois os músculos que os uniam e só depois os planejamentos que cobriam a figura. Leonardo da Vinci foi mais longe. ... da representação da figura estática passou para a da figura em movimento, e portanto para a fisiologia e a dinâmica"* (Bernal, 1976, vol. 2, pp. 388-389).

Da mesma forma que o problema anterior, este leva à disseminação e coletivização das ações e procedimentos, transcendendo o âmbito restrito das artes: *"os médicos italianos e o grande número de estudantes estrangeiros que acorriam à Itália para estudar medicina não estavam isolados; misturavam-se livremente com artistas, matemáticos, astrônomos e engenheiros - de fato, muitos deles dedicavam-se simultaneamente a tais profissões"* (Bernal, 1976, vol. 2, p. 389).



Copérnico pode ser localizado como membro desse movimento coletivo de procedimentos e idéias, quando da sua formação na Itália: "*Copérnico, por exemplo, estudou medicina, e exerceu-a como profissão. ao mesmo tempo que era funcionário público e economista .... formou-se em astronomia na universidade de Bolonha, em medicina na de Pádua e em leis na de Ferrara*" (Bernal, vol. 2, pp. 389 e 403).

Fazendo uso do par "saber fazer" - "extrair as razões" podemos notar que esse movimento coletivo representou um avanço também na medicina. A convivência e a disseminação desses conhecimentos: "*deram...à medicina européia, em particular à italiana, as suas tendências características: descritiva, anatômica e mecânica ... fundaram-se as novas anatomias, fisiologia e patologia - devemos estes dois últimos termos ao grande médico francês Jean Fernel (1497-1558) - de caráter essencialmente moderno, baseadas na observação direta e na experimentação, e com elas começava a desmoronar-se o prestígio da autoridade clássica e das tradições mágicas*" (Bernal, 1976, vol. 2, p. 389).

Além disso, "*a nova anatomia, que permitiria a Harvey descobrir a circulação do sangue, ficou a dever quase tanto aos artistas como aos médicos. ...*" (Bernal, 1976, vol. 2, p. 388).

Da mesma maneira que o problema anterior, este, também enfrentado pelos artistas com o seu trabalho, envolveu ações e procedimentos específicos para a sua solução, evoluindo para um saber-fazer.

Mas, segundo Piaget, exatamente porque as ações não são dicotomizadas das suas significações, nem tampouco o "saber fazer" do "extrair as razões" e os procedimentos das estruturas, pode-se construir conhecimentos. Estes, conforme procurei argumentar, têm sua gênese num coletivo mais amplo do que aquele que se coloca o problema específico e procura resolvê-lo, como, por exemplo, os conhecimentos surgidos da interação pintura-geologia, pintura-história natural, pintura-medicina.

Neste sentido, os valores e a metafísica implícitos na construção desse conhecimento por uma comunidade específica, se de um lado questionam ou mesmo rompem com aqueles já estabelecidos, de outro disseminam os novos por uma comunidade maior que a primeira, na medida em que a produção está sendo socializada via interação.

Na interpretação de Bernal, fica clara pelo menos a interação artistas-médicos. Por exemplo, a obra de Jean Fernel, anteriormente referida, era "*baseada na*

*observação direta e na experimentação, e com elas começava a demoronar-se o prestígio da autoridade clássica e das tradições mágicas".*

Também, essa coletivização se ampliou por motivos que não se restringem à mera necessidade da solução de problemas específicos. Há outros determinantes históricos que fizeram com que tais práticas e esses conhecimentos e os subjacentes valores oriundos do Renascimento italiano fossem transferidos para outros países da Europa.

Numa interpretação de Bernal, *"a concentração do esforço científico na Itália, que se verificara no século XV, deu lugar a uma grande difusão através de toda a Europa, embora a proeminência intelectual italiana sobrevivesse durante bastante tempo ainda à sua decadência política e econômica; a Itália, a primeira das nações da Europa ocidental a afastar-se da tradição feudal, permaneceu como centro da cultura européia muito depois de ter perdido a sua importância política e econômica. ... de todos os países da Europa, na Itália, e de início só ali, as universidades haviam aderido, em grande parte, ao novo saber; ... Fosse qual fosse o seu país de origem - a Polônia, a Inglaterra, ou a França - foi na Itália que os novos cientistas adquiriram os seus conhecimentos ..."* (Bernal, 1976, vol. 2, p. 415).

Ainda com relação ao desmoronar das grandes propriedades feudais, o crescimento da manufatura e o mercantilismo: *"o centro econômico da Europa, e por essa altura já se poderia dizer do mundo, deslocou-se para as regiões do Mar do Norte: primeiro a Holanda, depois a Inglaterra e a França Setentrional. Ali, ao contrário do que acontecera nas outras nações marítimas, como a Espanha e Portugal, onde as condições permaneciam feudais, foi possível combinar a manufatura com o comércio. Os artesãos alemães e italianos emigraram e espalharam rapidamente as realizações técnicas e artísticas do Renascimento pelas nações setentrionais. ... Os homens do Renascimento, apesar de não terem encontrado soluções para a maioria dos problemas que levantaram, tiveram o mérito, pelo menos, de abrir caminho para a sua solução durante a grande luta de idéias do século seguinte. Na aplicação prática da ciência, pelo contrário, o Renascimento é uma época de realizações decisivas. Os esforços científicos do início da Idade Média haviam-se desvanecido, em grande parte ... porque não era então possível encontrar para eles uso prático. As proezas dos navegadores do Renascimento ofereceram o que era necessário - um domínio de aplicações seguro e expansivo; um domínio que requeria conhecimentos de astronomia e da navegação, precisamente os ramos da ciência que melhor se haviam conservado, desde a época clássica e que mais ativamente tinham*

*sido estimulados ao serviço da astrologia e da preparação de calendários. Novos impulsos viriam a ser dados à mecânica, pela necessidade de desenvolver novas máquinas, e à dinâmica pelo desenvolvimento da artilharia". (Bernal, 1976, vol. 2, pp. 405-408).*

Para uma melhor compreensão dessa contribuição do Renascimento, é preciso ainda examinar a atividade dos artífices.

### **Algumas Contribuições dos Artesãos e da Técnica Renascentista**

Não será possível localizar as ações específicas dos artesãos com a mesma clareza que a dos artistas. Mas, ao invés disso, quaisquer que tenham sido essas ações, originadas dos problemas técnicos específicos, é o seu caráter coletivo o que melhor pode ser explorado. A observação e, sobretudo, a experimentação, que passaram a representar um papel na produção artística renascentista, são também significativas na produção dos ateliês artesanais renascentistas. O conhecimento oriundo da produção artesanal dissemina-se via corporações. Ainda que estas mantivessem os seus interesses corporativistas, tanto econômicos como técnicos, havia a necessidade da sua constituição e continuidade, dada a procura pelo mercado consumidor de seus produtos, e, portanto, também a necessidade da formação e qualificação de seus membros. Posteriormente, com o colapso do sistema corporativista, a disseminação desse saber-fazer transcende tanto a corporação como os limites geográficos em que cada uma inicialmente atuava.

Huberman (1971) assim caracteriza o surgimento do artesanato profissional e das corporações: *"o progresso das cidades e o uso do dinheiro deram aos artesãos uma oportunidade de abandonar a agricultura e viver de seu ofício. ... Não era necessário muito capital ... Tudo de que precisavam era habilidade em sua arte e fregueses que lhes comprassem a produção ... seus produtos seriam procurados, e poderiam aumentar a produção contratando um ou dois ajudantes"* (Huberman, 1971, pp. 62-63).

A mudança nos meios e relações de produção, que passa a ocorrer no início da transição da economia feudal à capitalista, leva em seu bojo a necessidade de se socializar um saber-fazer e, portanto, também um conhecimento de uma tal forma que não ocorrera em períodos anteriores: *"Os aprendizes eram jovens que viviam e trabalhavam com o artesão principal, e aprendiam o ofício. A extensão do aprendizado variava de acordo com o ramo. Podia durar um ano, ou prolongar-se por 12 anos. O período habitual de aprendizado variava entre dois e sete anos ... O aprendiz era iniciado*

*nos segredos da arte... trabalhando duramente e poupando cuidadosamente seus salários, frequentemente conseguia, depois de alguns anos, abrir oficina própria" (Huberman, 1971, p. 63; grifo meu).*

A socialização do saber-fazer artesanal, via formação de aprendizes por mestres, envolve ações e procedimentos específicos - os "segredos da arte" - apreendidos durante anos de trabalho e aperfeiçoamento. Adiante dissertarei sobre a importância dessa coletivização de ações e procedimentos específicos, na medida em que com a técnica renascentista, dadas as necessidades do capitalismo emergente, a união entre o "saber fazer" e o "extrair as razões", no enfrentamento dos problemas formulados, até probabilisticamente é maior. No momento retomo como historicamente esse saber-fazer é disseminado:

*"Esses artesãos seguiram o exemplo dado pelos comerciantes, e formaram corporações próprias. Todos os trabalhadores dedicados ao mesmo ofício numa determinada cidade formavam uma associação chamada corporação artesanal. ... Todos os que se ocupavam de um determinado trabalho - aprendizes, jornaleiros, mestres artesãos pertenciam à mesma corporação. Tanto mestres como ajudantes podiam fazer parte da mesma organização e lutar pelas mesmas coisas. ... O sistema de corporações tivera duas características fundamentais: a igualdade entre os senhores e a facilidade com que os trabalhadores podiam passar a mestres. Em geral, isso ocorreu até os séculos XIII e XIV, os dias áureos dessas instituições. Depois disso, ocorreram modificações inevitáveis" (Huberman, 1971, pp. 64 e 72).*

Uma tal massa crítica assim formada e institucionalizada no período anterior ao Renascimento possibilita, no período renascentista, o enfrentamento de problemas oriundos do modo capitalista de produção:

*"Os maiores progressos da tecnologia renascentista verificaram-se nos domínios, estreitamente relacionados entre si, da mineração, da metalurgia e da química. A procura crescente de metais levou à rápida abertura de novas minas, primeiro na Alemanha central, depois na América recém-descoberta. As minas alemãs foram os viveiros da produção capitalista. Durante a Idade Média a mineração estivera, em grande parte, a cargo de pequenas firmas, individuais ou de poucos sócios ... Com o alargamento da escala das operações mineiras, estes homens constituíram-se em companhias, dividindo os rendimentos de acordo com quotas preestabelecidas" (Bernal, 1976, vol. 2, p. 392).*

Entre outros problemas técnicos enfrentados para a extração dos minérios, seja os das minas com metais preciosos, seja aqueles para a indústria de guerra, estavam os relacionados com a construção de equipamentos para o bombeamento de água e a elevação dos minérios, na medida em que as minas tornavam-se mais profundas.

As iniciativas para o enfrentamento de tais problemas levaram, de um lado, a uma maior aproximação do "saber fazer" e "extrair as razões", e, por outro, à disseminação das ações e procedimentos específicos resultantes dos problemas a serem resolvidos, para diversos pontos da Europa, por motivos políticos e religiosos. É a seguinte a conclusão de Bernal: *"a experiência adquirida na transmissão de forças e na bombagem foi o ponto de partida do renovado interesse pela mecânica e pela hidráulica e viria a ter efeitos incalculáveis nas Revoluções Científica e Industrial. Com a decadência das minas alemãs, que se seguiu às guerras religiosas, muitos desses mineiros e metalúrgicos se dispersaram, primeiro para a Espanha, depois para o Novo Mundo e, de consequências mais importantes, para a Inglaterra, onde estabeleceram os fundamentos técnicos da sua futura prosperidade"* (Bernal, 1976, vol. 2, p. 394).

Paralelamente, a metalurgia propicia novas intervenções intencionais. Bernal ousa afirmar que: *"A verdadeira escola da química foi a fundição dos metais"* (Bernal, 1976, vol. 2, p. 394).

Além disso, novos minérios e novos metais são descobertos como consequência das atividades de mineração. Entre eles: o zinco, o bismuto, o cobalto e o níquel.

Os problemas enfrentados eram os meios de isolar e manipular esses metais descobertos. As ações e procedimentos exigidos para o enfrentamento dos problemas *"só podiam ser descobertos por analogia e depois corrigidos através de experiências, por vezes amargas; mas foi durante este processo que começou a ganhar forma, de início apenas implicitamente, uma teoria geral da química, que implicava operações de oxidação e redução, destilação e amálgama"* (Bernal, 1976, vol. 2, p. 394).

De forma um pouco mais clara e explícita é possível destacar, nessas atividades, o imbricamento entre o "saber fazer" e "extrair as razões", na medida em que os procedimentos historicamente determinados começam a possibilitar a obtenção de uma estrutura para o conhecimento em construção. Bernal conclui: *"A contrastaria, que consiste em determinar a quantidade de metal precioso contida num dado minério, é apenas fundição em escala diminuta, e tomou-se a base da experimentação e da análise químicas"* (Bernal, 1976, vol. 2, p. 394).

Destacam-se ainda as seguintes atividades dos químicos renascentistas (Bernal, 1976, vol. 2, p. 394): o estudo das terras raras, com a finalidade de solucionar problemas relacionados a novos corantes para as cerâmicas; a extração e manipulação do alúmen, cujas minas constituíam uma das principais fontes de receita da Santa Sé, tendo inclusive, em 1462, fundado o primeiro trust químico. Era considerado crime sem perdão, mesmo com as indulgências, o comércio de sais de alumínio, particularmente o alúmen, indispensável às indústrias têxteis e de cortumes, que não tivessem origem de fontes papais. A destilação também teve um grande progresso; as bebidas destiladas fortes, além de serem consumidas em grande quantidade na Europa, funcionavam, equivalentemente à pólvora, na persuasão e dominação de povos "selvagens" contatados pelos navegadores.

Quanto às grandes navegações, para além da revolução copernicana que ocorrera nesse período renascentista e cuja influência no trabalho de Copérnico já foi abordada, há que se considerar o próprio trabalho dos artifices a exercerem ações e executarem procedimentos específicos. Da mesma forma que as consequências econômicas das grandes navegações, *"as consequências científicas foram igualmente decisivas. ... deu azo ao aparecimento de uma nova classe de artifices inteligentes, com treino matemático, para a manufatura de bússolas, cartas e instrumentos. Estava aqui o germe de um público científico, que oferecia uma base de treino, e emprego compensador, a jovens inteligentes de todas as classes sociais. Em Portugal, na Espanha, na Inglaterra, na Holanda, na França, fundam-se escolas da navegação. Os movimentos das estrelas tinham adquirido valor monetário"* (Bernal, 1976, vol. 2, p. 401).

Deste modo, não é de se estranhar que a partir da segunda metade do século XVI houvesse homens com competência técnica e intelectual capazes de questionar o paradigma aristotélico. O caldo cultural da Europa pós-Idade Média oferecia as condições para uma ruptura na forma de produção de conhecimento. Ruptura que estaria em gestação, da mesma maneira que a ruptura ocorrida no sistema econômico, ou seja, a transição do feudalismo para o capitalismo.

Ambas as rupturas, além de estarem intimamente relacionadas, têm em comum o trabalho socialmente determinado: a ocorrida na forma de produção de conhecimentos, caracterizada pelos procedimentos e intervenções intencionais exigidos pelos problemas enfrentados, e a ocorrida na economia pelos meios e relações de produção.

A trilha deixada pelo Renascimento permitiu de um lado a revolução copernicana e, de outro, preparou o terreno para que homens como Galileu e Kepler fundassem a Ciência Moderna, constituindo-se, então, outro paradigma. Via ações dos sujeitos, valores e postura filosófica da comunidade que se propõe a construir conhecimentos são rompidos na articulação do "extrair as razões" com o "saber fazer".

E aqui, para não caracterizar a produção de conhecimento científico de forma que se reduza apenas às meras ações mecânicas ou manuais sobre objetos "exteriores" e aos procedimentos, se faz necessário destacar o papel das ações dos sujeitos sobre os "objetos" criados, tais como "classes, números", etc. Em outras palavras, as ações sobre "objetos matematizados" não são dicotomizadas das ações exteriormente manipuláveis, mas transcendem estas.

É essa articulação ou imbricamento entre o "saber fazer" e o "extrair as razões" que precisa ser melhor compreendida, na medida em que as intervenções intencionais sobre o "extrair as razões", originadas de um "saber fazer", efetivamente propiciaram a ruptura - com a instituição de um novo paradigma - na forma de produção de conhecimento, com o surgimento da Ciência Moderna.

Um outro par antitético, o das "finalidades internas e externas", considerado por Piaget (1979), pode auxiliar na compreensão da contribuição de Galileu, uma vez que uma ruptura significativa ocorreu ao nível do "extrair as razões", representando também uma ruptura com valores e partes metafísicas do paradigma anterior.

Piaget argumenta, quanto ao par "finalidades internas e externas", que: *"convém considerá-lo com cuidado pois ele pode apresentar uma certa importância para compreender as relações entre procedimentos e estruturas. Quando o sujeito busca obter um resultado em seu mundo exterior, portanto, um efeito físico (equilíbrio de uma balança, etc.), é natural que haja finalidade externa e ela salta aos olhos do observador. Em compensação, nas situações de reflexão e pesquisa abstrata ou mesmo simples matemática, parece efetivo, apesar das aparências, que entra em jogo uma finalização ... sistemática ... que permanece relativa à satisfação de uma necessidade interior. Todo problema que um sujeito se coloque, por mais abstrato que seja, supõe, com efeito, uma necessidade de solução, e esta constitui conseqüentemente um objetivo a alcançar. Mas, chamaremos de 'interna' uma tal finalização, visto que ela não conduz necessariamente à aplicação no mundo exterior e continua nela mesma ligada às atividades interiores do sujeito. Ora, por mais antitéticas que pareçam estas duas formas de finalidade, trata-se... de dois procedimentos solidários. De um lado, a finalidade externa supõe, bem entendido, instrumentos lógico-matemáticos que foram anteriormente elaborados por finalidades internas. Por outro lado, estas últimas terminam na criação de*

*novos seres (classes, números, morfismos, etc.) que entrarão; cedo ou tarde, a serviço das soluções de problemas de natureza física, portanto, de uma finalidade cujos termos serão exteriores ao sujeito" (Piaget, 1979, pp. 3-4).*

É com esta perspectiva que as ações de Galileu precisam ser enfocadas, localizando-as no período histórico de 1540 a 1650.

### Período de 1540 a 1650

Segundo Bernal, este período *"não é distinguido na história com qualquer nome conveniente"*; ele o nomeia no início do tópico como das "primeiras revoluções burguesas" (Bernal, 1976, vol. 2, p. 406), caracterizando-o no domínio político como:

- 1) reflexo da abertura das Américas e do Oriente ao comércio e à pirataria europeus, *"através de uma crise de preços que abalou a economia da Europa"*;
- 2) guerras religiosas de resultado incerto na França e na Alemanha;
- 3) estabelecimento da república burguesa na Holanda e da comunidade burguesa na Inglaterra, (Bernal, 1976, vol. 2, p. 373).

No domínio científico esse período caracteriza-se (Bernal, 1976, vol. 2, p. 373):

- 1) Pelas contribuições de Kepler e Galileu para a consolidação do modelo heliocêntrico;
- 2) Pelo surgimento da nova Ciência experimental;
- 3) Pela contribuição dos "grandes profetas" da nova era científica - Bacon e Descartes.

Abordarei, particularmente, a contribuição de Galileu. Antes, contudo, é preciso destacar dois pontos:

- 1º) Está claro que as ações e procedimentos específicos de Galileu articulam-se com os problemas historicamente determinados pelo período, no sentido em que dissertei até o momento. O vínculo com a interpretação da visão externalista, fornecida por Bernal (pp. 406 a 444), no tocante a colocações de problemas, bem como às intervenções intencionais efetuadas para a busca das suas soluções, será mantido, mas não explicitado aqui da forma como fiz



até o momento na interpretação da contribuição dos artistas e artesãos. A interpretação externalista estará implícita. No entanto, recorro ao próprio Galileu, que fornece a dimensão desse imbricamento, nas suas primeiras linhas dos *Discorsi*, ao se dirigir aos artesãos do arsenal de Veneza:

*"Senhores venezianos, que grande campo de reflexão me parece se abrir aos espíritos especulativos a frequência assídua ao vosso famoso arsenal e, particularmente, à área dos 'trabalhos mecânicos'. Toda espécie de instrumentos e máquinas ali se encontram constantemente postos a funcionar por um grande número de artífices, alguns dos quais, tanto pelas observações que seus predecessores lhes legaram, como pelas que eles mesmos fizeram, unem, utilmente, a maior perícia ao julgamento mais pertinente"* (Galileu, apud Thuillier, 1989, p. 15).

2º) O papel da experimentação no trabalho de Galileu, e dos experimentos que historicamente têm sido atribuídos a ele, a partir das interpretações de Koyré - que utilizarei nas análises seguintes - passam à ter uma outra versão, quer subvertendo o papel que foi atribuído àqueles experimentos, quer negando que alguns deles tivessem, de fato, sido realizados por Galileu.

As interpretações de Koyré surtiram os mais variados efeitos, entre os quais a própria contestação delas, como, por exemplo, por Stillman Drake (referências in: Carneiro, 1989).

Ainda que utilizando as interpretações de Koyré, o foco da questão por mim analisada na sequência deste capítulo é outro, não tendo sido abordado nem por Koyré, nem pelas análises contrárias às suas posições. Pretendo analisar como as "finalidades externas", o "saber fazer" e os "procedimentos" de Galileu, agindo sobre objetos exteriores - armas de fogo, esferas em planos inclinados, pêndulos e telescópios, e aqui não há discordâncias de que estes feitos sejam atribuídos a Galileu - se ligam respectivamente com as "finalidades internas", o "extrair as razões" e a "estrutura" da mecânica newtoniana. Minha intenção é articular estes pares do modelo piagetiano para analisar em que medida as ações específicas de Galileu alteraram os valores e partes metafísicas que levaram à ruptura na construção dos paradigmas oriundos da Ciência Moderna.

## Enfoque piagetiano-kuhnlano da contribuição de Galileu

De fato, é da noção de movimento que se pode iniciar a análise da ruptura. Koyré afirma: *"que foi na e por uma nova concepção de movimento que se realizou a revolução intelectual que deu lugar ao nascimento da ciência moderna"* (Koyré, s.d., p. 63).

A noção de movimento, inseparavelmente ligada à de tempo e à necessidade da sua matematização exigiu de um lado a concepção e criação do instrumento de medida, sobretudo do tempo e, de outro, que a noção de perfeição dos movimentos absolutos e perfeitamente regulares das esferas e astros celestes descritos pelas leis da geometria fosse aplicada aos movimentos terrestres: *"com efeito, fazer física no nosso sentido do termo - e não naquele dado a esse vocábulo por Aristóteles - quer dizer aplicar ao real as noções rígidas, exatas e precisas das matemáticas e, antes de tudo, da geometria"* (Koyré, s.d., p. 60).

Koyré localiza aqui o germe da ruptura que levou à revolução que originou a Ciência moderna. Vejamos a continuidade da sua análise:

*"Um empreendimento paradoxal, se fosse levado a cabo, porque a realidade, a vida cotidiana no meio da qual vivemos e estamos não é matemática. Nem mesmo matematizável. É do domínio do mutável, do impreciso, do 'mais ou menos', do 'aproximadamente' ... É ridículo querer medir com exatidão as dimensões de um ser natural (o volume de um cavalo, por exemplo) ... Não há na natureza círculos, elipses ou linhas retas ... Eis as idéias (ou as atitudes) às quais o pensamento grego permaneceu obstinadamente fiel" ...* (Koyré, s.d., pp. 60-61).

A Ciência grega, além de ter construído uma cinemática celeste, observou e mediu o céu, utilizando cálculos e instrumentos de medida, mas não tentou matematizar o movimento terrestre.

Caraça (1975) faz uma interpretação histórica significativa desta concepção grega em relação à matematização do movimento terrestre. Analisa os ataques dos eleatas aos pitagóricos e o problema que Zenão colocou em relação à corrida de Aquiles com a tartaruga, para contra-argumentar a concepção da escola pitagórica, segundo à qual: *"todas as coisas têm um número e nada se pode compreender sem o número"*. A conclusão de Caraça é a seguinte: *"nenhum dos problemas postos pela crítica de Zenão foi resolvido na antiguidade. Concluiu-se pela incapacidade numérica para resolver o problema das incomensurabilidades; portanto, pela degradação do número em relação à Geometria ... Concluiu-se pelo abandono das concepções dinâmicas, sempre que tal fosse possível - a matemática grega é inundada pelo horror ao movimento*

... Estes traços - degradação do número, horror do infinito, horror ao movimento - constituem a trincheira cômoda da hibernação, formam o biombo prudente que o filósofo grego coloca entre si e a realidade. Mais tarde, havia de levantar-se um vento portador de forças novas ... rasgando o biombo em farrapos ... Mais tarde ... vinte séculos depois, já renascimento em fora" (Caraça, 1975, pp.81-82).

É com essa herança, então, que os homens da Renascença e pós-Renascença tiveram que trabalhar a noção de movimento. Podemos colocar o problema da seguinte forma: tentar matematizar o movimento terrestre e empregar na Terra instrumentos de medidas e medir exatamente o que quer que fosse para além das distâncias (Koyré, s.d., p. 62).

A solução do problema estaria, segundo Koyré, na necessidade e na concepção de instrumento de medida: "*Ora, é através do instrumento de medida que a idéia da exatidão toma posse desse mundo e que o mundo da precisão consegue, por fim, substituir o mundo do 'aproximadamente'*" (Koyré, s.d., p. 62).

Portanto, valores tais como exatidão e precisão - elementos da matriz disciplinar do paradigma de Kuhn - são introduzidos e passam a representar um papel na construção do conhecimento.

Do germe dessa ruptura podemos tentar localizar as ações de Galileu no enfrentamento desses problemas, quer aqueles sobre objetos exteriormente manipuláveis - e daí a necessidade que teve da experimentação - quer aquelas sobre "objetos matemáticos". A análise será feita usando os pares antitéticos de Piaget já citados, sobretudo o das "finalidades externas e internas".

Será necessário, também, retomar o trabalho dos artistas e artesãos e examinar a influência que tiveram no que diz respeito à concepção e construção do instrumento de medida, bem como o papel desempenhado pelo cálculo aritmético.

Alguns aparelhos criados e construídos por artesãos da Idade Média e Renascimento, tais como óculos, clepsidras ou mesmo os antecessores dos nossos relógios e balanças, constituíam nada mais que utensílios. Ainda que a contribuição tenha sido enorme, os fabricantes destes aparelhos não construíram instrumentos. Por exemplo:

*"o fabricante de óculos não era, de modo algum, um óptico: era um artesão que não fazia um instrumento óptico, mas sim um utensílio ... Os oculistas holandeses ... justamente, não tinham a idéia do instrumento que inspirava e guiava Galileu"* (Koyré, s.d., pp. 74-75).

Neste sentido, mesmo que o trabalho dos artesãos tenha preparado o terreno para homens como Galileu e Descartes, eram outros os problemas que se colocavam. E, aqui, a união entre a *techne* e *episteme*, que ocorrera já no início da Idade Média, tem a sua evolução histórica, mas muda de qualidade, exatamente porque mudará da qualidade do "extrair as razões" na associação com o "saber fazer".

Koyré combate uma visão de continuidade entre os trabalhos dos artesãos e os de Galileu e Descartes: *"a ciência de Descartes - a fortiori, a de Galileu - não é mais (como já foi dito) do que a ciência do artesão ou do engenheiro.*

*"Esta explicação não me parece ... inteiramente satisfatória. ... A ciência (de Descartes e Galileu) não é de engenheiros ou artesãos, mas de homens cuja obra raramente ultrapassou a ordem da teoria" (Koyré, s.d., pp. 12 e 14, grifo meu).*

Mas, ao mesmo tempo, Koyré não despreza e nem joga na "lata do lixo da história" o desenvolvimento ocorrido com a Ciência da Idade Média. Não corrobora, nem endossa as opiniões sobre a "escuridão" e o obscurantismo, que, segundo algumas interpretações majoritárias durante anos, caracterizavam a produção de conhecimentos desse período. Reconhece a sua importância e inclusive lhe atribui papel de destaque, enquanto ingrediente que viria a contribuir na construção da Ciência moderna. No entanto, Koyré procura caracterizar as profundas diferenças que levaram às rupturas entre a Ciência moderna e a anterior. Seu argumento é que: *"os homens dos séculos XV e XVI ... inventaram ... a roda de escape ... aperfeiçoaram as artes do fogo - e as armas de fogo - ... obrigaram a metalurgia e a construção naval a fazer progressos enormes e rápidos ... descobriram o carvão e subjugarão a água, segundo as necessidades da sua indústria. ... É o espetáculo desse progresso, desse acumular de invenções, de descobertas e, portanto, de um certo saber ... São esses progressos, sobretudo os que foram feitos na construção das máquinas, que, como sabemos, servem de base ao otimismo tecnológico de Descartes; mais ainda: servem de fundamento à sua concepção de mundo, à sua doutrina do mecanismo universal" (Koyré, s.d. pp. 65-66).*

De qualquer modo, assim Koyré caracteriza a produção artesanal:

*"A história da Idade Média nos dá provas evidentes de que o pensamento técnico do senso comum não depende do pensamento científico, o qual pode, contudo, absorver os elementos, incorporando-os no senso comum; que pode desenvolver, inventar e adaptar descobertas antigas a necessidades novas e até mesmo fazer outras; que, guiado e estimulado pela experiência e a ação, pelos sucessos e pelos falhanços, pode transformar a regras da *techne* ... " (Koyré, s.d., p. 64).*

Ou seja, a união ocorrida entre *techne* e *episteme*, conforme procurei analisar anteriormente, prescinde, justamente, do pensamento científico moderno, ainda que tenha construído conhecimentos. A mudança de qualidade na relação *techne-episteme*, ocorrida com a instituição da Ciência moderna, na verdade funda-se sobre os conceitos de **precisão e exatidão**, valores não presentes anteriormente, originados e criados a partir dos problemas relativos à concepção de instrumento de medida e, da **matematização da natureza**. Por sua vez, tais valores retroagem na própria execução da tecnologia: *"Não é do desenvolvimento espontâneo das artes industriais pelos que as exercem, mas sim da conversão da teoria em prática, que Descartes espera os progressos que tomarão o homem 'senhor e dono da natureza' ... (é) da possibilidade de fazer a teoria penetrar a ação, isto é, a possibilidade da conversão da inteligência teórica em real, da possibilidade, a um tempo, de uma tecnologia e de uma física. ... Creio ... que a história, ou, pelo menos, a pré-história da revolução técnica dos séculos XVII e XVIII confirma a concepção cartesiana: é por uma conversão da episteme na techne que a máquina eotécnica se transforma na máquina moderna (paleotécnica); porque é esta conversão, por outras palavras, a tecnologia nascente, que dá à segunda o que forma seu próprio caráter e a distingue radicalmente da primeira, e que mais não é do que a precisão"* (Koyré, s.d., pp. 66-67).

Koyré afirma, baseando-se em dados historiográficos citados, que o exame aos livros sobre máquinas dos séculos XVI e XVII revela:

*"o caráter aproximativo das suas estruturas, do seu funcionamento, da sua concepção. São frequentemente descritos com as suas dimensões (reais) exatamente medidas. Pelo contrário, nunca são 'calculados'"* (Koyré, s.d., p. 67).

Por este prisma podemos analisar a transformação dos utensílios dos artesãos em instrumentos de medida por Galileu, através de suas intervenções intencionais. A concepção e criação do instrumento de medida parecem estar relacionadas ao par "finalidades internas e externas", ainda que este possa estar mais explicitamente relacionado às ações de Galileu na matematização do movimento. Adiante pretendo retornar aos aspectos mais propriamente matemáticos da ruptura ocorrida; no momento aprofundarei um pouco mais o papel que os instrumentos de medida tiveram na mudança de paradigma.

A mudança de atitude em relação à exatidão e precisão das medidas terrenas, rompendo com as tradições do senso comum - tradições herdadas dos gregos e predominantes até a Idade Média, segundo as quais o cotidiano não era mais do que uma estimativa das grandezas, sujeitas aos critérios do "mais ou menos" e do

"aproximadamente" - é atribuída, segundo interpretação de Koyré, mais ao plano da concepção de que isso pudesse ser feito, do que a problemas de restrições mais propriamente técnicas.

Sua argumentação, por exemplo, em relação à técnica da vidraria é a seguinte: ... *"os óculos encontram-se em uso desde o século XIII ... A lupa ou o espelho côncavo foram, sem dúvida, conhecidos na antiguidade. Então por que razão, durante quatro séculos ..., ninguém, nem dentre aqueles que os faziam, nem dentre os que os usavam, teve a idéia de experimentar talhar, ou mandar talhar, uma lente um pouco mais espessa, com uma curva de superfície mais pronunciada, e chegar assim ao microscópio simples ...? Não podemos, parece-me, invocar o estado da vidraria ... o microscópio simples ... mais não é do que uma pérola de vidro bem polida: um operário capaz de talhar as lentes dos óculos é, ipso facto, capaz de fazer um microscópio ... não se trata de insuficiência técnica, é a falta da idéia que nos fornece a explicação"* (Koyré, s.d., p. 73).

Na análise de Koyré, os óculos, tanto para o fabricante das suas lentes como para o seu usuário, não eram senão utensílios, isto é: *"qualquer coisa que ... prolonga e reforça a ação dos nossos membros, dos nossos órgãos dos sentidos; qualquer coisa que pertence ao mundo do senso comum"* (Koyré, s.d., p. 75).

Faltava, portanto, a concepção de instrumentos de medida - a que temos hoje - para que o produto do artesão transcendesse o mero utensílio. O saber-fazer artesanal tinha uma finalidade distinta da que gerou a necessidade do saber-fazer dos homens que conceberam a Ciência moderna. Koyré enfatiza:

*"Nada nos revela melhor esta diferença fundamental do que a história da construção do telescópio por Galileu. Enquanto os Lippershey e os Janssen, que haviam descoberto, por um feliz acaso, a combinação de vidros que forma o óculo de longo alcance, se limitavam a fazer os perfeiçamentos indispensáveis e de certo modo inevitáveis (tubo, ocular móvel) aos seus óculos reforçados, Galileu, logo que teve notícia da luneta de aproximação holandesa, elaborou-lhe a teoria. E foi a partir desta teoria, sem dúvida insuficiente, mas teoria apesar de tudo, que, levando cada vez mais longe a precisão e o poder dos seus vidros, construiu a série das suas perspicilles, que lhe abriram aos olhos a imensidade do céu ... Deste modo, a finalidade procurada - e atingida - por ele e por aqueles era inteiramente diferente"* (Koyré, s.d., p. 75).

Koyré também descarta, na sua interpretação, que a concepção do telescópio não tivesse ocorrido devido à "insuficiência científica":

*"A falta da idéia também não quer dizer insuficiência científica. Sem dúvida, a óptica medieval ... se bem que Al-Hazen e Witello a tivessem obrigado a fazer progressos significativos, conhecia o fato da refração da luz, embora não lhe conhecesse as leis ... Mas, a bem dizer, Galileu não sabia muito mais que Witello; apenas um pouco mais para, tendo concebido a idéia, ser capaz de realizar" (Koyré, s.d., p. 74).*

Sua conclusão é a seguinte:

*"A luneta holandesa é um aparelho com um sentido prático: permite-nos ver, a uma distância que ultrapassa a da vista humana, o que lhe é acessível a uma distância menor ... não foi por acaso que nem os inventores, nem os utentes da luneta holandesa se serviram dela para observar o céu. Pelo contrário, foi para responder a necessidades puramente teóricas, para atingir o que não cai na alçada dos nossos sentidos para ver o que ninguém jamais viu, que Galileu construiu os seus instrumentos: o telescópio e depois o microscópio" (Koyré, s.d., pp. 75-76).*

Parece que essa ruptura na concepção/produção de utensílios para instrumentos esteja relacionada ao par "finalidades internas e externas".

A observação dos astros celestes e de suas posições era o alvo. O modelo de Copérnico, que ocasionara a ruptura com o modelo geocêntrico, então vigente, exigia uma concepção filosófica de universo que alterava a próprio "objeto de conhecimento": por exemplo a "imperceptibilidade" do movimento terrestre dava motivos para que se questionasse com bases sólidas o modelo, para além do conservadorismo filosófico escolástico. Ainda que a solução deste problema, também tentada por Galileu, não estivesse diretamente relacionada ao uso do telescópio, foi através dele que Galileu observou as luas de Júpiter, evidenciando a possibilidade de outro "centro do universo", além da Terra. Também as irregularidades observadas na superfície da Lua rompiam a concepção de harmonia e perfeição esférica dos corpos celestes.

Quer dizer, a finalidade externa pela qual eram construídos os aparelhos pelos oculistas não era a mesma de Galileu, a de um instrumento de observação do céu. O problema enfrentado por Galileu estava relacionado às distintas concepções de universo contidas nos modelos heliocêntrico e geocêntrico. Suas ações específicas, portanto, articulando-se com o problema, tiveram uma finalidade externa que mudou, além do próprio objeto de conhecimento, os critérios de valores e a metafísica da sua construção, ou seja, mudou a qualidade do "extrair as razões".

Assim se expressa Galileu em "Considerações Sobre a Opinião Copernicana":

*"Ora, quem crerá que uma opinião julgada fútil, até mesmo estúpida, que não tem sequer um entre mil filósofos que a siga, até mesmo reprovada pelo Príncipe da filosofia corrente, possa se impor por outro meio que solidíssimas demonstrações, experiências evidéssimas e observações refinadíssimas?" (Galileu, in Nascimento, 1988, p. 85; grifo meu).*

Da mesma forma, a finalidade interna, qual seja a "fé" no modelo heliocêntrico e a própria concepção do instrumento "telescópio", necessário à finalidade (externa) de observação do céu, foi atingida através de suas ações específicas quer sobre "objetos teóricos", quer sobre aqueles exteriormente manipuláveis, tanto o polimento das lentes como a construção do telescópio.

Mas é na concepção do instrumento de medida do tempo que mais concretamente pode-se verificar a sua necessidade para a matematização do movimento, ficando mais evidente a articulação do par "finalidades internas e externas" para a ruptura com o "extrair as razões":

*"Ora, se é na e pela invenção do instrumento óptico que se efetua a penetração entre os dois mundos - o mundo da precisão astral e o do aproximadamente do mundo cá de baixo, se é por esse canal que se opera a fusão da física celeste com a física terrestre, é por outro ângulo que a noção de precisão acaba por introduzir na vida cotidiana, se incorpora nas relações sociais e transforma, ou pelo menos modifica, a estrutura do próprio senso comum: refiro-me ao cronômetro - o instrumento de medir tempo " (Koyré, s.d., p. 77; grifos meus).*

Koyré desenvolve uma argumentação que novamente chama a atenção da transformação do utensílio em instrumento, pela transformação da própria episteme em sua interação, também transformadora, com a techne. Sua análise histórica sustenta que, até a metade do século XVI, o tempo, antes de ser uma grandeza medida, era uma grandeza marcada.

A marcação restringia-se ao tempo vivido, sem a característica do mensurável, uma vez que, sustenta Koyré, "o tempo se nos apresenta como provido já de uma medida natural" (p. 77).

É na sucessão dos dias, das estações do ano, no movimento do "relógio" celeste, na "regularidade" de alguns fenômenos naturais da vida cotidiana, que as sociedades primitivas, nômades e agrícolas marcavam o tempo: "A vida desenvolve-se entre o erguer e o pôr-do-Sol, com o meio-dia como o ponto de divisão" (p. 78).



Somente com a civilização urbana passa a haver a necessidade de se medir os intervalos de tempo, por exigências quer da vida pública, quer da religiosa. No entanto afirma Koyré: *"É só então que surgem os relógios ... mesmo nessa altura, na Grécia como em Roma, a vida cotidiana escapa à precisão - muito relativa, aliás - dos relógios. A vida cotidiana move-se no aproximadamente do tempo vivido. O mesmo se passa na Idade Média e mais tarde ainda" (Koyré, s.d., p. 78; grifo meu).*

O toque dos sinos nos conventos religiosos, que imprimiam um ritmo à vida monástica e indicavam a "hora" dos cultos católicos, passam também a anunciar a "hora" para a população e de certa forma a enquadrar, regulando o tempo da comunidade. Tal ritmo monástico exigia a divisão do tempo em intervalos determinados, o que implicava na sua medida. Baseando-se na interpretação de alguns historiadores, Koyré faz a seguinte suposição: *"Foi nos mosteiros, e por necessidades do culto, que terão nascido e se terão propagado os relógios e terá sido este hábito da vida monástica, o hábito de se conformar com a hora, que, difundindo-se em redor da muralha conventual, impregnou e informou a vida citadina, fazendo-a passar do plano do tempo vivido ao do tempo medido"* (Koyré, s.d., p. 79).

Não obstante, aquela "medida" oferecida não passava ainda de um tempo marcado. Koyré alerta: *"todavia, não nos deixemos laborar em erro: a ordem e o ritmo não são a medida, o tempo marcado não é o tempo medido. Continuamos ainda no aproximadamente, no mais ou menos; estamos a caminho, mas apenas a caminho do universo da precisão"* (Koyré, s.d., p. 79).

Os relógios de peso, uma das grandes invenções da técnica da Idade Média não eram precisos; constituíam máquinas rebustas e rudimentares, não indicavam as subdivisões das horas e a indicação das horas possuíam uma margem de erro cujo valor prático era irrelevante: *"Portanto, não tinham, de modo algum; suplantado aparelhos mais antigos"* (Koyré, s.d., p. 80).

Quanto aos relógios públicos dos séculos XV e XVI, ainda que sensivelmente mais precisos, eram raros. Apenas algumas cidades se dão ao luxo de os instalarem, tal a complexidade de sua construção e o seu elevado preço (Koyré, p. 80). Os relógios domésticos não constituíam nada mais que objetos de luxo. Simples cópias reduzidas dos relógios públicos e com os seus mecanismos relativamente mais grosseiros, não

eram de uso prático; na realidade, muito menos precisos que os grandes relógios públicos (Koyré, s.d., p. 81).

Apesar disso, com o crescimento das cidades e a riqueza oriunda da transição da economia feudal para a capitalista, o uso do relógio espalha-se a partir da segunda metade do século XVI, deixando de ser peça rara a partir do século XVII.

A construção dos relógios evolui a partir da engenhosidade dos relojoeiros, que constituem, então, uma poderosa e independente associação de corporações de artesãos fabricantes de relógios. As modificações realizadas os aperfeiçoaram de tal modo que se transformam em "objetos de utilidade prática, capaz de indicarem as horas de maneira quase precisa" (Koyré, s.d., p. 82).

No entanto, apesar dessa contribuição do artesão relojoeiro, no que diz respeito ao aperfeiçoamento dos mecanismos de funcionamento dos relógios, não se deve a ele a concepção do instrumento de medida do tempo. Koyré conclui:

*"Não foi, todavia, do relógio dos relojoeiros que saiu finalmente o relógio de precisão. O relógio dos relojoeiros nunca ultrapassou - e nunca poderia fazê-lo - o estágio do 'quase' e o nível do 'aproximadamente'. O relógio de precisão, o relógio cronométrico, tem uma origem completamente diferente. Não é, de modo algum, uma promoção do relógio de uso prático. É um instrumento, quer dizer, uma criação do pensamento científico ou, melhor ainda, a realização consciente de uma teoria. ... Isto nos explica por que razão não é aos relojoeiros, mas aos sábios, não a Jost Burgi e a Isaak, mas a Galileu e a Huygens (e a Hooke também), que remontavam as grandes invenções decisivas a que devemos o relógio de pêndulo e o relógio de espiral reguladora" (Koyré, s.d., pp. 82-83).*

Koyré, ao fazer a distinção entre as contribuições dos "relojoeiros" e dos "sábios", fundamenta a sua conclusão baseando-se na obra de L. Défossez *Les Savants du XVII<sup>e</sup> Siecle et la Mesure du Temps* por ele citada (p. 83). Koyré concorda com Défossez sobre a necessidade capital maior para a Ciência, a Astronomia e a Física, de uma medida exata do tempo do que para as atividades cotidianas; conclui, como Défossez, que a concepção do cronômetro só poderia ter sido originada por homens de Ciência - "sábios", na expressão de Défossez - e não por artesãos relojoeiros.

Défossez, na citação de Koyré, atribui também, como segundo ponto de importância capital, e ainda maior, o papel representado pelo problema da determinação da longitude para as grandes navegações, na invenção do cronômetro, destacando o trabalho de Huygens.

Não obstante exista esse vínculo, Koyré argumenta que a concepção da medida do tempo e do seu medidor - o cronômetro - tem origem anterior e que não se limita ao problema da determinação da longitude (Koyré, s.d., p. 85).

Koyré localiza e atribui papel determinante para a concepção do instrumento de medida do tempo, o problema enfrentado por Galileu na determinação da aceleração e na descrição e previsão do movimento a partir das experiências dos corpos rolando sobre planos inclinados que realizou (Koyré, s.d., p. 86), tendo em vista a incapacidade de realizar medidas diretas da queda livre (Koyré, 1982, p. 274).

A medida do tempo foi realizada por Galileu através de uma clepsidra de água, obtendo nessas experiências, segundo Koyré, números completamente falsos (Koyré, s.d., p. 86). Não obstante é a seguinte a conclusão de Galileu: "... E fazendo a experiência ... repetindo uma boa centena de vezes, sempre verificamos que os espaços percorridos estavam entre si como os quadrados dos tempos, em todas as inclinações do plano ..." (Galileu, apud Koyré, 1982, p. 274; grifo meu).

Galileu traz, então, para o âmbito do movimento terrestre a exatidão, antes não admitida, via matematização desse movimento. Obteve uma lei matemática que estabelecia, de uma vez por todas, que "o movimento é submetido à lei do número" (Galileu, citado por Koyré, 1982, p. 274), como concebiam os pitagóricos e contrariando as concepções vigentes de que os movimentos terrestres pudessem ser regidos por leis matemáticas.

O fato de Galileu ter estabelecido que o deslocamento, durante o movimento no plano inclinado, é proporcional ao quadrado do intervalo de tempo é significativo do ponto de vista da mudança de qualidade não "extrair as razões" - a introdução da necessidade e a possibilidade da matematização do movimento - implicando numa ruptura com os valores e os pressupostos filosóficos aristotélicos, entre eles a suposição de que corpos mais pesados caem com maior velocidade. Creio ser desnecessário rememorar os "diálogos" de Galileu, onde são expressas as diferenças na interpretação do movimento de queda entre Salviati e Simplicio.

No entanto, para a compreensão do papel das ações específicas de Galileu e seus sucessores exercidas sobre o par "finalidades internas e externas" no enfrentamento do problema do movimento de queda, é preciso que se analise a interdependência entre a exatidão - das leis matemáticas - e a precisão - das medidas - isto é, um dos pontos nevrálgicos da ruptura com o paradigma anterior ao da Ciência moderna, qual seja a matematização dos movimentos terrestres, e dos outros fenômenos, e a concepção do instrumento de medida.

Koyré (1982, pp. 274 e 275), analisando, a partir da própria descrição que Galileu faz em seus *Discursos*, as experiências realizadas com o movimento no plano inclinado, chama a atenção para o seguinte:

*"Uma bola de bronze, rolando numa ranhura 'lisa e polida', talhada na madeira! Um recipiente de água com um pequeno orifício pelo qual passa a água que é recolhida num copo, para que seja pesada e, assim, medir o tempo de descida da bola ..."* (Koyré, 1982, p. 275).

Koyré tira a seguinte conclusão: *"... que acumulação de fontes de erro e inexatidão! É evidente que as experiências de Galileu são destituídas de valor ... Não é surpreendente que Galileu, que certamente tem plena consciência de tudo isso, evita, tanto quanto possível (por exemplo, nos *Discursos*), dar um valor concreto para a aceleração. Cada vez que fornece um valor para a aceleração (como no *Diálogo*), trata-se de um valor inteiramente falso"* (Koyré, 1982, p. 275).

O pano de fundo da análise interpretativa de Koyré deve ser entendido na postura antipositiv<sup>ista</sup> que este defende, negando que a construção do conhecimento científico tenha base exclusivamente empirista. Especificamente em relação a Galileu e sua contribuição, Koyré sustenta, inclusive, uma postura platônica de Galileu: *"Acabo de chamar platônico a Galileu. Creio que ninguém porá em dúvida que o seja. Aliás ele próprio o afirma"* (Koyré, s.d., p. 50).

E mais adiante:

*"O *Diálogo* e os *Discursos* falam-nos da história da descoberta, ou, melhor ainda, da redescoberta da linguagem falada pela natureza. Explicam-nos a maneira de a interrogar, isto é, a teoria desta experimentação científica, na qual a formulação dos postulados e a dedução das suas consequências precedem e guiam o recurso à observação. Isto é também, pelo menos para Galileu, uma prova de 'fato'. A Ciência nova é, para ele, uma prova experimental do platonismo"* (Koyré, s.d., pp. 54- 55).

A argumentação defendida por Koyré de um Galileu "platônico", atenuando a exclusividade do papel determinante da observação e da experimentação na concepção da Ciência moderna, pode ser melhor interpretada através da articulação, para análise, do par não-dicotomizável "finalidades internas e externas".

A possibilidade de um Galileu inspirando-se em Platão estaria, então, relacionada às suas ações específicas sobre "objetos teóricos", isto é, uma atitude mais

do que "contemplativa", "introspectiva", através da abstração reflexiva, com o objetivo de atingir as finalidades internas - o movimento submetido à lei do número - não-dicotomizadas das finalidades externas. Estas, por sua vez, também originadas de problemas historicamente determinados, exigindo ações específicas - sua experimentação - sobre objetos exteriormente manipuláveis.

Seria, portanto, através de uma abstração reflexiva - articulando suas ações com as "finalidades internas e externas" para o "extrair as razões" - na interpretação dos dados experimentais que Galileu inventa a lei matemática, muito mais do que através de simples operações aritméticas com os números encontrados, isto é, muito mais do que um tratamento empírico de dados para obter uma constante - a aceleração - e uma lei matemática. Constante, aliás, que não foi por Galileu determinada (Koyré, 1982, pp. 275 e seguintes).

Mas, também, o par "finalidades internas e externas" deve ser usado para a análise da concepção do cronômetro, imbricado que estava com a matematização do movimento. O problema, numa interpretação de Koyré, pode ser colocado da seguinte forma: *"Assim, a ciência moderna se encontra, em seus primórdios, numa situação estranha e até paradoxal. Escolhe a precisão como princípio, afirma que o real é geométrico por essência e, portanto, submetido à determinação e à medida rigorosas ...; descobre e formula (matematicamente) leis que lhe permitem deduzir e calcular a posição e a velocidade de um corpo em cada ponto da sua trajetória e em cada instante do seu movimento, e não é capaz de utilizá-las, porque não dispõe de nenhum meio de determinar uma duração, nem medir uma velocidade. Todavia, sem essas medidas as leis da nova dinâmica continuam a ser abstratas e vazias. Para dar-lhes um conteúdo real, é indispensável possuir meios de medir o tempo (o espaço é fácil medir), isto é, os organa chronou, os orologi, como os chamou Galileu. Em outras palavras: relógios de precisão"* (Koyré, 1982, p. 276).

Em outros termos: para que serviam as fórmulas se o que elas relacionam não pode ser determinado por medidas?

A finalidade interna pode ser interpretada como a necessidade de conceber um meio de "materializar" (constatar) a abstração matemática expressa pela lei, concretizando o instante, que precisava ser medido, e as respectivas grandezas cinemáticas, que também precisavam ser medidas. Tal finalidade interna não é dicotomizada da finalidade externa; além da descrição e da possibilidade de previsão do movimento de queda fornecida pela lei matemática (inventada), era ela mesma, a lei que precisava assumir o status de lei física; refletir a sua abstração de lei

matemática nas observáveis do movimento "real", tornando-se "lei natural". Em cada instante ou posição reais - a serem medidos - da trajetória era preciso que se relacionassem os respectivos valores da aceleração e da velocidade reais a serem medidos. Afinal, era necessário mirar e acertar o alvo balístico. Este empreendimento exigiu ações específicas de Galileu para a concepção do cronômetro.

Como sabemos, suas ações e procedimentos no enfrentamento do problema "medida do tempo" foram exercidos sobre o movimento pendular.

Koyré (1982, pp. 271 e seguintes) faz uma descrição e análise detalhadas das experiências realizadas com pêndulos, quer as de Galileu, quer as de outros investigadores. A riqueza de detalhes históricos fornecidos, bem como a interpretação dada por Koyré - no artigo "Uma Experiência de Medida" - fornecem elementos para se continuar a análise da produção de Galileu, relacionando suas ações e procedimentos específicos com o par "finalidades internas e externas". Acredito, no entanto, não ser necessário explicitá-la. Substancialmente, a análise manteria a mesma qualidade da que realizei em relação à matematização do movimento no plano inclinado, apenas que seria aplicada às particularidades dessa produção de Galileu.

Ao invés do par antitético "finalidades internas e externas", o par "procedimentos e estrutura" acrescentará mais à análise: primeiro, aplicado ao próprio trabalho de Galileu e, segundo, à relação do próprio par com os trabalhos de Mersenne, Riccioli e Huygens no enfrentamento do problema "medida do tempo/pêndulo/cronômetro".

As ações e os procedimentos específicos de Galileu, historicamente determinados da forma como analisei, transformaram a qualidade do "extrair as razões" e permitiram que as suas abstrações (as generalizações simbólicas da matriz disciplinar de Kuhn) se "encaixassem" na estrutura da Mecânica newtoniana, cuja síntese foi obtida posteriormente por Newton.

Tanto a lei matemática obtida por Galileu para a queda, como o estabelecimento de que "... um pêndulo só fará três vibrações para uma de outro pêndulo se este for nove vezes mais longo" (Galileu, apud Koyré, 1982, p. 279), são relações obtidas a partir da segunda lei de Newton e da lei da força de atração gravitacional. Ambas fazem parte da estrutura da Mecânica newtoniana.

Não pretendo aqui aprofundar este ponto, contudo é preciso ressaltar que a suposição de Galileu de uma aceleração da gravidade constante não é consistente com a teoria da gravitação. No entanto, a determinação da aceleração da gravidade local - na realidade, o que Galileu estava tentando fazer - através do movimento do pêndulo, admite  $g$  do local constante. A relação teórica entre o comprimento do pêndulo, seu

período de oscilação e  $g$  (local), obtida a partir da equação do movimento, é usada para a determinação experimental de  $g$ . Neste sentido, as ações e procedimentos específicos de Galileu se "encaixam" na estrutura da Mecânica clássica.

Mas, também, a concepção e construção do instrumento de medida do tempo e a matematização do movimento terrestre - quer o de queda, quer o pendular - constituem um novo problema enfrentado pelo coletivo que se propôs a resolvê-lo e apóiam-se sobre outros valores e outra concepção filosófica, ou seja, com outro paradigma norteando as ações e procedimentos específicos dos sujeitos.

Koyré (1982) descreve e analisa também as contribuições de Mersenne, Riccioli e Huygens. Suas conclusões parecem confirmar o caráter paradigmático e, portanto, relacionado à estrutura da Mecânica newtoniana, que o movimento de queda e o pendular tiveram:

*"A moral desta história, que nos conta como foi determinada a aceleração constante (da gravidade), é bastante curiosa. Vimos Galileu, Mersenne e Riccioli se esforçarem por construir um cronômetro, a fim de poder realizar uma medida experimental da velocidade de queda. Vimos Huygens ser bem-sucedido naquilo em que os seus predecessores fracassaram. Porém, justamente em virtude do seu sucesso, ele se exime da tarefa de efetuar a medida real, porque seu cronômetro constitui, por assim dizer, um instrumento de medida em si mesmo, e porque a determinação do seu período já é uma experiência muito mais refinada e mais precisa do que todas as experiências imaginadas por Mersenne e Riccioli. Agora compreendemos o sentido e o valor do caminho percorrido por Huygens, caminho que, finalmente, se revela constituir uma atalho: não só as experiências válidas se baseiam numa teoria, mas até os meios que as permitem realizar nada mais são do que a própria encarnação da teoria" (Koyré, 1982, p. 288; grifo meu).*

Deste modo é possível destacar as características paradigmáticas em construção, se considerarmos que o ataque à resolução do problema medido do tempo/cronômetro pode ser enquadrado como:

**Exemplar:** o pêndulo;

**Generalização simbólica:** a expressão matemática para período de oscilação;

**Valores:** a exatidão e a precisão; ou seja, novos valores imbricados com as partes metafísicas ou paradigma filosófico que estavam direcionando o enfrentamento do problema, exigindo ações e procedimentos específicos no sentido de se realizar as abstrações empíricas e as abstrações reflexivas;

**Partes metafísicas ou paradigma filosófico:** a adoção do modelo copernicano, a crença tanto na matematização do movimento como na aceleração constante de queda livre dos graves, admitindo  $g$  como constante antes da sua determinação, direcionaram, particularmente, Galileu e Huygens no enfrentamento do problema.

Pode-se concluir, portanto, pela construção (coletiva) de um novo paradigma que rompeu com valores de julgamento e partes metafísicas que até então dirigiam a produção de conhecimentos.

O emprego do papel da ação, feito ao longo deste capítulo, para analisar a construção do conhecimento sobre o tema movimento, evidenciou que rupturas - nos valores e partes metafísicas - ocorridos com a mudança de paradigma podem também ser extraídas através do modelo piagetiano. Foi fundamental destacar a historicidade das ações exercidas sobre o objeto de conhecimento - elas tiveram determinantes que não se reduzem à individualidade do sujeito - quer porque as ações específicas exercidas fossem determinadas por problemas que a sociedade enfrentava ou pelos que a comunidade que constrói conhecimentos científicos se colocava, quer porque elas foram coletivizadas, via apreensão histórica do paradigma pela comunidade.

Assim, através de um modelo que fornece o "como se adquire" conhecimento, pode-se, localizando as ações historicamente determinadas - isto é, a influência do meio no sentido mais amplo, quer o físico, quer o sócio-econômico e cultural - analisar o "que é adquirido" de conhecimento. A análise, pelo modelo piagetiano, mostrou que "o que é adquirido" pode ser estruturado pelo conceito de paradigma de Kuhn.

Também, através das ações e procedimentos específicos analisados, pôde-se verificar que os valores e as partes metafísicas adotadas para a obtenção das generalizações simbólicas e exemplares do novo paradigma rompiam com aqueles da construção de conhecimento que Koyré denomina do senso comum.

Retorno à análise de Piaget e Garcia (1984) sobre a aquisição, pelo aluno, desses conhecimentos construídos.

Os autores afirmam que a construção de conhecimento pelo aluno - sobre o tema movimento - que se elaborou ao longo da psicogênese não tem "parentesco de conteúdo" com aquele que se construiu pela comunidade científica na e pós-Ciência moderna. Portanto, é o que é construído que muda, se quisermos manter a universalidade do como é construído, que o modelo piagetiano defende.

Assim, da mesma forma que foram as ações específicas dos sujeitos, com as características ressaltadas, que possibilitaram a construção do conhecimento científico



(ou seja, o quê), serão as ações específicas dos alunos sobre o objeto que possibilitarão a sua apreensão do conhecimento científico. Vejamos a continuidade da análise de Piaget e Garcia.

Ao remeterem o problema do não-paralelismo dos conteúdos - entre os da psicogênese e os do conhecimento científico - à investigação da metodologia empregada na construção concluem, através da análise que realizaram (Piaget, 1984, pp. 84 e seguintes) com sujeitos sobre alguns problemas físicos: *"Parece então difícil negar que há ali uma metodologia e o problema consiste em explicar sua formação uma vez que, repitamos, se trata de sujeitos que não tiveram nenhum ensino a este respeito e não possuíam nenhuma prática pessoal de experimentação ... Dito de outra forma, esta metodologia não é senão uma lógica aplicada aos dados da experiência"* (Piaget, 1984, p. 86; tradução minha).

Segundo esta interpretação, pelo prisma psicogenético não há limitações para a construção de conhecimento científico. No entanto, vejamos a sequência das suas conclusões; elas fornecem pistas para o modelo didático a ser concebido:

*"Mas se este é o caso, por que estes sujeitos não conseguem construir uma física e sobretudo por que os grandes lógicos e metodólogos do século XIII não elaboraram uma física mais científica que a de Aristóteles? No que diz respeito aos pré-adolescentes, a resposta é simples:*

- 1) Somos nós quem temos proposto os problemas e não eles, e é a invenção dos problemas que condiciona a aplicação da metodologia;
- 2) as questões apresentadas se referem a fatos e leis e têm caráter indutivo (a indução consiste precisamente em deduções aplicadas a fatos), ainda que a busca das 'razões', ou seja, das significações epistêmicas, é o motor principal da constituição de uma ciência;
- 3) quando estes sujeitos se centram espontaneamente em questões causais, podem chegar a modelos válidos, mas isto ao nível das ações e de suas conceitualizações sem buscar construir um 'sistema' geral" (Piaget, 1984, p.86; tradução e grifo meus).

Portanto, a apreensão, pelo educando, do conhecimento científico já construído será conseguida, também, não através de qualquer ação. É o que nos diz a afirmação 3 referida acima, sendo compatível com os resultados e análises das investigações sobre as concepções alternativas dos alunos. As ações específicas a serem

exercidas e que podem propiciar a ruptura relacionam-se, como no caso da construção de conhecimento pela comunidade científica, a problemas específicos e determinados que o próprio sujeito deve enfrentar e estes tiveram uma historicidade conforme argumentei. Em outras palavras, as intervenções intencionais dos alunos terão uma significação se a formulação dos problemas por eles enfrentados e introduzidos por quem domina o paradigma também tiver uma significação. É o que nos diz a afirmação 1.

As afirmações 2 e 3, também, parecem sugerir que a apreensão do conhecimento científico não se limita à apreensão das leis relacionadas aos fatos, mas ao próprio processo de como as leis são construídas e estruturadas. Neste caso o uso do modelo kuhniano - o paradigma dá uma estrutura para o conhecimento - pode ser um modelo que orienta o processo de educação científica para a assimilação-acomodação, com rupturas, do conhecimento científico.

A partir disso será possível começar a esboçar as características essenciais que um modelo didático-pedagógico, que propicia a ruptura, deve ter.

Antes, contudo, pretendo aprofundar um pouco mais o entendimento da ocorrência das rupturas, continuando a articular os modelos kuhniano e piagetiano, agora interpretando Kuhn pelo modelo piagetiano.

### UMA INTERPRETAÇÃO DE KUHN USANDO O MODELO PIAGETIANO

A discussão e a análise precedentes permitiram compatibilizar o modelo piagetiano com o kuhniano, no sentido de que ambos, sob enfoques distintos, defendem construções não-cumulativas ou discontinuidades com ruptura do conhecimento científico. A ênfase das investigações de Piaget nos aspectos mais propriamente endógenos dessa construção, ou seja, o papel das estruturas mentais, é consistente com os aspectos exógenos da construção de conhecimentos científicos, isto é, aqueles da estrutura do paradigma, na versão da matriz disciplinar, de acordo com a análise e interpretação feitas.

A mediação da ação nessa construção representa papel fundamental na articulação entre os fatores funcionais endógenos e os exógenos que possibilitam a descontinuidade/ruptura. Descontinuidade na passagem para estruturas de ordem superior envolvida na ruptura com o conhecimento prevalente, implicando na assimilação e acomodação de outros (novos) conceitos - envolvidos nas generalizações simbólicas e exemplares - acompanhadas de rupturas nos valores da comunidade e partes metafísicas.

### III.1 - A PROPÓSITO DOS CONHECIMENTOS UNIVERSAIS E DAS RUPTURAS EM SNYDERS.

A leitura de Snyders - realizada cerca de dez anos depois de ter estudado, refletido e praticado a concepção de educação de Paulo Freire - possibilitou meu aprofundamento na compreensão de algumas questões educacionais, particularmente do papel do educador progressista e do problema das rupturas.

Analisados sob o prisma da filosofia da educação, isto é, mais preocupado com a fundamentação de uma concepção progressista de educação, do que, especificamente, sob os prismas didático e psicológico, dois aspectos da obra de Snyders coincidem com o objeto da minha investigação. O primeiro diz respeito ao conhecimento universal sistematizado e o segundo às rupturas entre a "cultura primeira" (do aluno) e a "cultura elaborada" (Snyders, 1988). O processo continuidade-ruptura-continuidade, que deve ocorrer com o aluno durante o processo educacional, é um princípio filosófico. É também uma meta a ser conseguida pela construção de uma educação progressista, de modo que a "cultura elaborada", em processo de ruptura com a "cultura primeira", ofereça a dimensão crítica do conhecimento para a compreensão e a transformação da sociedade.

Cabe tanto à didática e, mais do que isso, às didáticas específicas, quanto à psicologia escolar investigar e trabalhar os meios com os quais, na prática da educação progressista, se efetivará o princípio da continuidade-ruptura-continuidade, para o coletivo dos alunos. O objetivo de Snyders é, por isso mesmo, mais abrangente. Há em sua obra uma fundamentação para uma educação progressista em seus vários aspectos que fornece aos educadores uma base sólida para o enfrentamento de problemas específicos, pontuais, mas não menos importantes, do que-fazer educacional.

A "cultura primeira", a "cultura elaborada", o "conhecimento universal" e a continuidade-ruptura-continuidade, são categorias amplas de análise usadas por Snyders, tanto é que ele, ao introduzir os termos "cultura primeira" e "cultura elaborada", comenta: *"Sou totalmente incapaz de construir uma exposição teórica sobre a cultura, as culturas e de definir em que elas consistem. Seria necessário enciclopédias, um enciclopedista,"* (Snyders, 1988, p. 23).

As categorias precisam ser objetivamente localizadas e instrumentalmente tratadas. Foi com este objetivo que, ao longo dos dois primeiros capítulos, investiguei:

- i) especificidades do conhecimento científico, segundo interpretação do modelo kuhniano;
- ii) algumas das qualidades específicas das rupturas para a aquisição desse conhecimento;
- iii) as características essenciais de um modelo didático-pedagógico que pode propiciar a ruptura na passagem do conhecimento vulgar ("cultura primeira") para o conhecimento científico (a "cultura elaborada") abstrato do "conhecimento universal".

Na discussão das características do modelo didático-pedagógico, realizada nas conclusões do capítulo II, defendo que são paradigmas do conhecimento científico previamente selecionados e articulados com as situações significativas investigadas que se tornam conteúdos de Ciências dos programas escolares. Critérios mínimos, objetivamente colocados, precisam ser explicitados para a seleção do "conhecimento universal" - que tem uma natureza ampla, dinâmica, não-acabada - sob pena de se reduzirem apenas aos mesmos dos manuais didáticos e programas escolares já propostos, isto é, "roupa nova" sobre a mesma "velha carcaça".

Não é apenas a forma de abordagem do "conteúdo", mas o próprio "conteúdo" escolar que deve estar em questão na construção de uma educação progressista.

Snyders, em *Alegria na Escola*, lança algumas diretrizes a respeito da articulação entre "cultura primeira", "cultura elaborada" e "conhecimentos universais", permeando sua análise pelo processo de "continuidade-ruptura".

"Conhecimentos universais" selecionados tornam-se, nas situações analisadas por Snyders, conteúdos escolares na medida em que são necessários para o entendimento, através das rupturas, de temas, tais como: trabalho, racismo, amor, progresso, escola, liberdade, entre outros. Snyders sugere critérios de seleção para o conteúdo escolar que rompem com os que habitualmente tem norteado as programações escolares. Que diferença estudar aqueles tópicos da literatura e da história, entre outros, enquanto conhecimentos acumulados historicamente, porque eles são necessários para a superação da "cultura primeira" a respeito de temas como racismo, liberdade, trabalho, e não somente porque é dever da educação escolar fazê-los constar do rol de "conteúdos", não somente porque o professor tem a obrigação funcional de "ensiná-los" e os alunos "aprendê-los". São estes temas, entre outros, que dirigem a inserção, após seleção, daqueles conhecimentos universais. Ao mesmo tempo os temas, nos exemplos explorados por Snyders, indicam o porquê e o quê dos "conhecimentos universais" tornam-se conteúdos escolares.

Esta interpretação foi possível a partir de considerações do modelo piagetiano, tendo como guia para a análise o kuhniano, que possibilitou uma compreensão do papel do meio, da sociedade e das ações na construção de conhecimentos científicos.

Pretendo agora, a partir de considerações do modelo kuhniano, analisá-lo tendo como guia o piagetiano que balizará o enfoque psicológico dado por Kuhn.

Retomo a afirmação de Kuhn, citada no capítulo I da presente tese, quanto à apreensão das definições e conceitos das generalizações simbólicas via exemplares: *"Depois de resolver um certo número de problemas (número que pode variar grandemente de indivíduo para indivíduo), o estudante passa a conceber as situações que o confrontam como um cientista, encarando-as a partir do mesmo contexto (Gestalt) que os outros membros do seu grupo de especialistas. Já não são as mesmas situações que ele encontrou no início do seu treinamento como cientista. nesse meio tempo, assimilou uma maneira de ver testada pelo tempo e aceita pelo grupo" (Kuhn, 1975, p. 235; grifo meu).*

Conforme discutido anteriormente, Kuhn fornece um modelo interpretativo para o como isso ocorre, que é negado por Piaget e Garcia.

Argumentarei que a descrição feita por Kuhn para a apreensão do paradigma é consistente com a interpretação fornecida pelo modelo piagetiano.

A premissa básica para a argumentação é que o paradigma foi apreendido pelo sujeito, no sentido em que até o momento foi dissertado. Portanto, o paradigma na versão matriz disciplinar é compartilhado. Na seção anterior vimos como ele se articula com os problemas que o sujeito enfrenta e com as suas ações sobre o objeto do conhecimento. Se o paradigma foi apreendido, suas ações - ou seja, suas intervenções intencionais - foram efetuadas com significação.

A assimilação da conceituação envolvida nas generalizações simbólicas, bem como elas próprias, via uso dos exemplares, através de ações com significações do sujeito sobre o objeto, levaram-no a acomodá-lo em estruturas de ordem superior com descontinuidade/ruptura.

Ora, o sujeito que apreendeu o paradigma ao resolver problemas exemplares exerceu ações significativas sobre o objeto de conhecimento, segundo o modelo piagetiano, neste caso o próprio modelo construído pela Ciência contido no paradigma.

Portanto, a descrição fornecida por Kuhn é consistente com o modelo piagetiano, ou seja, ao enfrentar um certo número de problemas, número que depende da individualidade do sujeito, as situações que este enfrenta já não são as mesmas do

início de seu aprendizado: "Nesse meio tempo assimilou uma maneira de ver testada e aceita pelo grupo". Isto é, houve a acomodação de um novo objeto de conhecimento nas suas estruturas.

A exposição anteriormente feita, quanto à relação da psicogênese e a história da Ciência (Piaget, 1984), evidenciou que, após a constituição da Ciência, não há "parentescos" de conteúdos entre conceitos "que se elaboraram no curso da psicogênese, pois estes não têm nenhuma característica teórica do pensamento científico".

No entanto, o modelo piagetiano para assimilação dessa mesma "característica teórica do pensamento científico", encarada enquanto um objeto de conhecimento, deverá continuar válido se:

- 1º) houver a ocorrência da ação com significação para o sujeito que a exerce;
- 2º) forem dadas, explícita ou implicitamente, "características teóricas do pensamento científico", sobre as quais o sujeito deverá atuar.

A estrutura do paradigma proposta por Kuhn pode ser uma das opções para as "características teóricas do pensamento científico".

Resta ainda compatibilizar a referência de Kuhn ao problema da Gestalt por ele enfaticamente explorado ao longo de sua obra (Kuhn, 1975). Mesmo que chame a atenção para o tratamento analógico realizado, a Gestalt da forma como empregada por Kuhn precisa ser interpretada para que se possa verificar o nível de compatibilização da interpretação psicológica que Kuhn dá para a apreensão do paradigma com a fornecida pelo modelo piagetiano.

Ao fazer suas analogias quanto à "forma de ver" o objeto com as figuras da Gestalt, Kuhn quer dar ênfase na mudança de percepção do sujeito quanto ao objeto em estudo, oriundo da mudança de paradigma na ocorrência de uma revolução científica. Analogicamente afirma: *"Aquilo que antes da revolução aparece como um pato no mundo do cientista transforma-se posteriormente num coelho ... Transformações dessa natureza, embora usualmente sejam mais graduais e quase sempre irreversíveis, acompanham comumente o treinamento científico ... Contudo este mundo no qual o estudante penetra não está fixado de uma vez por todas, seja pela natureza do meio ambiente, seja pela ciência. Em vez disso ele é determinado conjuntamente pelo meio ambiente e pela tradição específica de ciência normal ... Consequentemente, em períodos de revolução, quanto a tradição científica normal muda, a percepção que o cientista tem*

*de seu meio ambiente deve ser reeducada - deve aprender a ver uma nova forma (Gestalt) em situações com as quais já está familiarizado" (Kuhn, 1975, p. 146).*

Novamente é possível concluir que a descrição de Kuhn é consistente com o modelo piagetiano, ainda que o seu modelo da interpretação psicológica não o seja, conforme a análise de Piaget e Garcia.

A mudança na "forma de ver" após uma revolução científica, como a copernicana por exemplo, implica na assimilação do novo e na acomodação de um outro objeto às estruturas de ordem superior.

Analogicamente, a mudança de percepção de uma figura de Gestalt é - na falta de uma melhor qualificação - "repentina". O pato já assimilado e acomodado pelas estruturas mentais será assimilado e acomodado como outro (novo) objeto - o coelho. A própria conceituação do objeto muda "repentinamente", não sem antes certa resistência e certa "reeducação" - via ações - para readmirar a figura como novo "objeto".

Ora, já dissertei como o modelo piagetiano interpreta a descontinuidade, bem como a sua relação com o meio ambiente e o papel das ações. Parece não ser incompatível com o modelo piagetiano que a mudança "repentina" seja interpretada como uma "medida exteriormente observável" da descontinuidade, quando esta já ocorreu, prevista no modelo. Destaco aqui, novamente, a seguinte afirmação de Piaget:

*"Está claro que a passagem de uma estrutura a outra constitui uma descontinuidade, um salto. Está claro também que dita passagem não é previsível nem está sujeita a normas. E este argumento demonstra, assim mesmo, que as estruturas adquiridas têm uma estabilidade interna que lhes permite resistir às 'perturbações'" (Piaget, 1984, p. 242; tradução e grifo meus).*

### 11.3 - CONCLUSÕES

#### O PAPEL DOS MODELOS USADOS

A Ciência não é o modelo que dela se constrói. O aluno não é o modelo que dele se constrói.

Há uma constante dualidade com que o investigador deve se defrontar ao resolver um problema: a dualidade construção-realidade, implícita e concebida nos modelos. A história da Ciência é pródiga ao nos mostrar que o investigador usa ou cria

modelos, e é com eles que, na essência, trabalhamos, são eles que possuímos, no sentido da dualidade construção-realidade imersa numa "visão de mundo", para investigar o problema formulado.

É inerente aos modelos, mas nem sempre percebida ou assumida claramente, sua qualidade de não-perenidade, apesar de toda lição que nos dá a história da produção de conhecimento da humanidade, seja científica ou não. Os modelos existentes estão à nossa disposição para serem usados ou reformulados, desempenhando papel fundamental nessa tarefa a criatividade e, não raro, a ousadia.

Copérnico usou como pressupostos a perfeição e a harmonia das esferas celestes, bem como a exatidão da geometria, contidos no modelo geocêntrico grego. Mas, rompe com o próprio modelo ao introduzir as hipóteses de rotação da Terra e a sua translação em torno do Sol, colocando-o no centro do sistema. Constrói, portanto, um outro modelo, por sua vez posteriormente também reformulado, com as contribuições de Kepler e Newton. Há um caráter pragmático, funcional, em cada um deles, que os fez ser usados.

Bohr, mais recentemente, usou pressupostos dos modelos de Rutherford para o átomo e da Mecânica clássica para explicar a dinâmica do movimento eletrônico no átomo, modificando o primeiro e dando início a uma reformulação. Assim, Bohr lançou bases que levaram ao reconhecimento da limitação do modelo contido na Mecânica clássica e à criação da Mecânica quântica que contém um modelo que rompe não só com o anterior, mas com os próprios pilares construídos pela instituição Ciência até o início do século XX.

Bohr, na sua construção para a solução do problema "átomo de hidrogênio", além de usar os modelos disponíveis, precisou descartar outro - o da emissão contido no eletromagnetismo clássico. Articulou, na sua construção, a então recente proposição do quantum de ação -  $h$  - de Planck, transpondo e adequando o seu uso na solução do problema, transcendendo a necessidade e o uso inicial da constante  $h$ . O papel que ela representou e representa na construção da Mecânica quântica é, no mínimo, marcante. Heisenberg a usou na formulação do princípio da incerteza. Schroedinger, na sua equação de onda. Einstein, na solução do problema "efeito fotoelétrico".

Não é a generalização que pretendo destacar com os exemplos, mas uma das funções dos modelos com os quais os investigadores trabalham.

Foi com este posicionamento e esta perspectiva que adotei e usei os modelos kuhniano e piagetiano ao longo destes dois capítulos.

O problema que formulei para investigação, sobre as rupturas que devem ocorrer para a aquisição de conhecimento científico por alunos de 1º e 2º graus, é fruto



da minha prática-reflexão docente de vinte anos e, sobretudo, das minhas idiossincrasias, e exigiu para o seu enfrentamento a escolha de modelos disponíveis que fornecessem um instrumental inicial de análise do problema, bem como da minha prática-reflexão didático-pedagógica, particularmente a dos últimos quinze anos. Esta prática, oriunda da concepção de educação de Paulo Freire, pressupõe, pelo viés educacional mais abrangente e não restrito à educação em Ciência, rupturas entre o conhecimento que o sujeito já possui e aquele que é veiculado pela educação escolar.

É com os pressupostos contidos num modelo abstraído dessa concepção de educação que tenho norteado empiricamente uma prática educacional (Pernambuco, 1988) voltada para o ensino-aprendizagem de Ciência. Ao mesmo tempo, durante esse período, ocorreu o amadurecimento para a formulação do problema e a busca do instrumental para o seu estudo.

Para além das diferenças entre os modelos de Kuhn, de Piaget e o abstraído de Freire, tanto em termos do que se ocupam enquanto objeto da sua construção como das sintonias e discordâncias, a escolha e uso que fiz foram baseados em duas características essenciais comuns aos modelos. A primeira, em relação ao conhecimento; todos os três têm como pressuposto que o conhecimento se dá na interação sujeito-objeto, que não são neutros. A segunda está diretamente relacionada ao problema das rupturas; todos os três têm como pressuposto a não-linearidade na construção do conhecimento.

Essas duas características são as âncoras que possibilitam transcender os pressupostos de cada um dos modelos para um âmbito que nenhum deles tem como seu objeto, qual seja o do ensino-aprendizagem de Ciências na educação escolar. O uso e as transposições desses modelos são uma das tarefas específicas da pesquisa e do pesquisador em ensino de Ciências.

As descontinuidades do modelo piagetiano e a universalidade por ele atribuída ao processo endógeno de aquisição de conhecimento pelo sujeito atende a um ponto fundamental do problema e da minha postura frente ao papel da educação. Por conseguinte, a possibilidade de que qualquer sujeito, considerado sadio física e mentalmente, adquira conhecimento - e de forma não-linear - não deve ser descartada ao se ter como prioridades as rupturas e o coletivo dos alunos que frequentam a escola pública. É minha intenção, solidária com a de uma quantidade cada vez maior de educadores progressistas, de que a maioria significativa dos alunos das escolas públicas tenham, minimamente, uma formação científica e que esta funcione como um instrumento de compreensão da realidade em que estão vivendo, de atuação sobre ela, visando a sua transformação.

O uso do modelo piagetiano como instrumento para a análise da construção do conhecimento científico, ou pelo menos para a construção sobre o "tema movimento", mostrou que aquela possibilidade tem determinantes que transcendem ao estritamente endógeno do sujeito. É, portanto, insuficiente como um modelo explicativo para a construção do conhecimento científico, na medida em que não se ocupa fundamentalmente, com o que é construído pelo "homem de ciência", mas com os mecanismos endógenos do como é construído o conhecimento. No entanto, a partir do próprio modelo não é possível separar o como do o quê. O processo e o produto da construção não são dicotomizáveis.

Há que se reconhecer, portanto, a limitação do modelo, enquanto explicativo, para o empreendimento da instituição Ciência. Apesar de pressupor que a construção de conhecimento é estruturada segundo mecanismos universais, o modelo não tem como propósito explicar por que, com os mesmos mecanismos em constante adequação, há sujeitos que constroem conceitos científicos e outros não, mas aponta alguns critérios de como se poderia levar o sujeito a construí-los.

Quero dizer que, do modelo, se extrai que o conhecimento psicogeneticamente construído limita a autonomia do sujeito na construção de conceitos científicos, que não obstante são construídos!

Neste sentido ele explicaria por que espontaneamente um sujeito, sem a necessária interação sociocultural, não constrói o que o coletivo é capaz de construir; no caso específico da comunidade científica moderna e contemporânea, os conceitos, modelos e teorias científicas. Parece ser esta uma das conclusões implícitas, presente no estudo realizado por Piaget e Garcia sobre a psicogênese e a história do "tema movimento".

Mas, também, para os sujeitos cujas estruturas atingiram um estágio tal que foram capazes de assimilar os conceitos científicos modernos e contemporâneos - me refiro mais especificamente aos cientistas - o modelo psicogenético não é suficiente (sozinho) para explicar a construção de novos conceitos se não for levada em conta a influência do coletivo que constrói esses conhecimentos. Pelo menos para o problema dos modelos ondulatório e corpuscular da luz, esta parece uma das conclusões que se pode tirar.

Não é o problema desta minha tese investigar se o como o conhecimento é alcançado só "depende do sujeito mesmo" e se o o quê "depende do sujeito e do meio", como pressupõe o modelo piagetiano. Parece que o próprio como, e não só o o quê.

depende dele mesmo e do meio, inclusive o sociocultural. É um problema de investigação para a pesquisa da psicologia cognitiva.

No entanto, para a solução do problema que formulei, reconhecida a limitação do modelo piagetiano, foi necessário considerar explicitamente a variável "coletivo" da construção, isto é, o meio sociocultural em que o sujeito está imerso para construir conhecimento.

Foi preciso, então, articular a descontinuidade e a universalidade pressupostas no modelo piagetiano com a matriz disciplinar - o paradigma do modelo kuhniano e as rupturas que ele pressupõe quando ocorre a mudança de paradigmas. No modelo kuhniano, o como e o o que não aparecem dicotomizados ao se analisar o empreendimento da Ciência. Nele, o que é construído pode ser interpretado como sendo por um sujeito que, além de ter os mecanismos universais de aquisição de conhecimento do modelo piagetiano, é ao mesmo tempo, considerado explicitamente como um sujeito social inserido e formado pelo meio, seja o físico, que é o objeto de seu conhecimento, como o sociocultural, com o qual estabelece relações específicas, e apreende padrões específicos, criados coletivamente, e usados na sua construção de conhecimento científico. Pode argumentar que a descrição fornecida por Kuhn é consistente com a explicação do modelo piagetiano.

A matriz disciplinar e o modelo kuhniano tiveram, além dessa função de articulação para o enfrentamento do problema, uma outra presente, qual seja a de fornecer, para o pesquisador, um modelo, que é descritivo e com forte fundamentação histórica, para o empreendimento da instituição Ciência.

O pesquisador em ensino de Ciências precisa, antes de mais nada, caracterizar, partir de um modelo do que seja a Ciência, para, então, propor-se a investigar o seu ensino. Há o risco de se investigar e veicular tão-somente o ensino-aprendizagem, nas suas várias abordagens e linhas de pesquisa, daquilo que tradicionalmente os manuais didáticos de 1º e 2º graus contêm. É somente isto o "conteúdo" da Ciência? Em que medida esse "conteúdo" pode fornecer instrumentos para uma educação progressista, comprometida com transformações sociais? Em que medida esse "conteúdo" possibilita ao aluno apreender o que é Ciência, se não houver um modelo para a Ciência dirigindo a sua apreensão. É a concepção positivista o melhor ou o único modelo? Enfim, qual é o "conteúdo" da Ciência a ser considerado como "conteúdo escolar" veiculado na educação de 1º e 2º graus? Deve ser selecionado apenas dentre aqueles construídos, por exemplo, pela Física clássica? A Física do século XX não deve fazer parte da formação do cidadão que muitas vezes, durante o seu dia, a utiliza, via tecnologia ou a "nota presente" via divulgação?

Com esta finalidade, também, usei o modelo kuhiano: fornecer um modelo para a Ciência que dirigisse minha investigação em ensino de Ciências. Neste sentido foram descartados os outros modelos para o empreendimento científico. São os paradigmas do modelo kuhniano que estou pressupondo que serão veiculados na educação escolar dos alunos de 1º e 2º graus e são os paradigmas que balizarão a obtenção de um modelo didático-pedagógico que pode propiciar rupturas, porque a apreensão dos paradigmas pressupõe rupturas.

Tanto o paradigma como o modelo kuhniano referem-se ao empreendimento da instituição Ciência e à formação do cientista. As suas transposições para a educação e formação de não-cientistas, particularmente, os alunos de 1º e 2º graus, devem ser enfrentadas, sobretudo, por pesquisadores da área de ensino de Ciências.

A partir da análise dos capítulos I e II indicarei algumas das características mínimas que precisam estar presentes no modelo didático-pedagógico que podem levar às rupturas para a apreensão dos paradigmas da Ciência. No capítulo III será analisado um modelo que propõe rupturas e que tem características que se articulam com as apresentadas a seguir.

## DISCUSSÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO MODELO

É uma ruptura no "método-conteúdo" - indissociáveis - construído pelo educando de 1º e 2º graus que deverá ocorrer com a sua apreensão do paradigma, desde que esta, estruturada pela matriz disciplinar, implica também "método-conteúdo" - indissociáveis - construído durante a produção de conhecimento científico.

Ademais, essa produção, vista da perspectiva da não-dicotomização "método-conteúdo", implica também na consideração de uma das suas características fundamentais: a do recorte no objeto de estudo.

A necessária fragmentação, no entanto, é estruturada pelo todo que constitui o corpo do conhecimento produzido. O recorte a ser feito só o será na medida em que a fragmentação para a investigação do objeto seja abstraída da totalidade que lhe dá significado.

Portanto, em Kuhn temos também uma outra lição a ser aprendida para uso na tarefa educacional: a do imbricamento "fragmentação-totalidade", claramente estruturado na matriz disciplinar.

O particular uso de uma (ou mais) generalização simbólica para o enfrentamento de um particular problema, identificada através da similaridade com um (ou mais) exemplar, exige o recorte (fragmentação) abstraído do conhecimento

científico já produzido (totalidade) que é articulado também na matriz disciplinar, com aspectos metafísicos e valores da comunidade.

Assim, o enfrentamento do particular problema a ser solucionado exige que a metafísica e valores da comunidade, que os produziu, se façam imprescindíveis.

Por exemplo, para abstrair que a queda livre de dois corpos com massas diferentes ( $m_1 \gg m_2$ ) ocorre em intervalos de tempo iguais, se as condições iniciais forem as mesmas, se faz necessária a generalização simbólica estabelecida pela força da atração gravitacional (que não é uma simples "fórmula" a ser apresentada ao educando, ainda que "muito bem apresentada e explicada").

A sua apreensão e uso implicam, no mínimo, uma concepção de que o movimento é regido por leis matemáticas e numa visão não-geocêntrica, tendo em vista que só a partir da sua negação, após mais de quinze séculos enquanto concepção filosófica, e a postulação da matematização dos movimentos terrestres é que foi possível estabelecer a teoria da gravitação universal. Usando uma interpretação do que faz um paradigma, pode dissertar no capítulo I a gênese do que culminaria com a teoria da gravitação. Ali, segundo esta interpretação, fica claro o imbricamento dos elementos da matriz disciplinar, desde que os "truques" (generalizações simbólicas) foram criados e aceitos pela comunidade muito especializada e específica, que com seus valores pôde "discernir" sobre a sua aplicabilidade. O "gás" ou metafísica implícita na sua criação, ainda que intimamente ligado a idiosincrasias do criador, é balizado por uma concepção filosófica (partes metafísicas) partilhada ou a ser partilhada pela comunidade específica.

Concretamente, o abandono da visão geocêntrica significa olhar todos os dias o sol nascer pela manhã no leste, vê-lo, ao meio-dia, "a pino", no entardecer se pondo no oeste e interpretar que esta mudança de posição se deve, não ao movimento do Sol, mas sim ao movimento da Terra em rotação, em órbita em torno do Sol, movimento que, aliás, não é "perceptível"!

No que concerne aos valores, a abstração da lei de queda exige, principalmente os da precisão (isto é, os conceitos de medida e instrumento de medida enquanto concepções teóricas a serem empregadas na aquisição de conhecimento científico), exatidão (isto é, a matematização das relações entre os conceitos científicos e que são expressos pelas respectivas medidas, não significando apenas o tratamento matemático de funções e relações) e amplitude, uma vez que a explicação da queda com o uso da lei de força estabelecida pela teoria da gravitação, combinada com a segunda lei da dinâmica, é a mesma para o movimento de "queda" de qualquer corpo

(inclusive as permanentes "quedas" dos planetas e seus satélites em suas órbitas) na presença de campos gravitacionais.

São preceitos necessários que devem ser incorporados no processo de formação do educando, para que a fragmentação na solução do problema seja realizada. Em outras palavras, a apreensão deste paradigma não se resume apenas na resolução de problemas via operações matemáticas onde se substitui o valor numérico das grandezas relacionadas nas "fórmulas". Está claro que, além desses pontos, deve ser considerada a apreensão da abstração dos conceitos envolvidos nas generalizações simbólicas. Neste caso o de massa, como medida da inércia, o de campo gravitacional, o de força e o de aceleração, que igualmente se articulam na matriz disciplinar com os elementos valores e partes metafísicas.

É necessário, portanto, garantir, no processo de formação do educando, que tanto valores compartilhados como aspectos metafísicos do paradigma sejam incorporados de modo que se lhe permita a aquisição da "estrutura teórica do pensamento científico", isto é, as abordagens não- dicotômicas "método-conteúdo" e "fragmentação-totalidade", expressas pela matriz disciplinar para uma interpretação do objeto de estudo.

Em termos da formação do educando essas não- dicotomias devem ser abstraídas na medida em que um modelo didático-pedagógico trabalhe, de um lado, com as características próprias de cada um dos conhecimentos, o vulgar e o científico, e de outro com os aspectos sincrônicos e diacrônicos discutidos no capítulo I sobre a apreensão do paradigma.

É o sincrônico, dialeticamente relacionado ao diacrônico, que deverá possibilitar que o aluno compartilhe do paradigma exemplar e incorpore, articulando-o, tanto com os valores como com a metafísica.

A implicação na prática educativa é profunda, conforme podemos ver em seus dois aspectos:

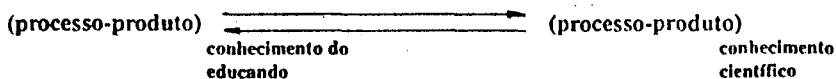
Primeiro, não é apenas o "produto" do conhecimento científico que deverá ser veiculado no processo de formação do educando. A matriz disciplinar estrutura processo e produto indissociavelmente. A apreensão do produto que, reducionista, pode ser interpretada como a das generalizações simbólicas via exemplares, implica para seu uso e manipulação - que caracterizará objetivamente "o pensar cientificamente" - a apreensão dos valores e da metafísica compartilhados pela comunidade de cientistas. Isto é, a apreensão do "referencial" em que o conhecimento científico foi e está sendo construído. É a relatividade aos "referenciais" dos

conhecimentos construídos (vulgar e científico) que precisa ser trabalhada no modelo didático pedagógico.

Aqui, um ponto importante na formação são os manuais e textos didáticos do 1º e 2º graus. É de se questionar que contribuição efetiva dão ou podem dar aqueles que apresentam as Ciências, particularmente a Física, como produto. No que auxiliam para que o paradigma seja apreendido pelo educando? Questiono mesmo aqueles que pretensiosa e reducionista discursam, apresentam ou mesmo "trabalham" com o "método científico" numa interpretação positivista. Igualmente, aos que se referem ao processo de construção, reduzindo-o à biografia de cientistas que deram uma contribuição a esse empreendimento.

Segundo, o modelo explicativo do aluno precisa ser apreendido pelo professor, o que significa não apenas obter a informação da "concepção alternativa" empregada pelo aluno, mas também como ela se articula com os valores e "filosofias" da comunidade à qual pertence. Em outros termos, o educador também precisará apreender não só o "produto" construído pelo educando, mas também o seu "processo" de construção. Isto é, a apreensão do "referencial" em que foi construído.

A prática educativa, portanto, deverá se desenvolver segundo um modelo didático que articule:



em interação, de tal forma que propicie a ruptura para a apreensão do conhecimento científico. Conforme destaquei no capítulo I, uma das características que esse modelo deve ter, abstraída de uma prescrição de Kuhn, é o que denominei dialogicidade tradutora.

Essa dialogicidade tradutora deverá ser realizada de modo a garantir que durante o processo sejam apreendidos, no mínimo, valores e "filosofias" - seja do aluno enquanto representativas do grupo ao qual pertence, seja do professor que estará veiculando os do paradigma - além dos "produtos" propriamente criados. O caráter dialógico com a qualidade de tradutor deve ser uma das características fundamentais do modelo didático-pedagógico. Uma peculiaridade dessa tradução é a de obter e trabalhar as distintas conceituações envolvidas no emprego de uma mesma palavra, conceituações cujas determinantes são, sobretudo, socioculturais.

Os dados das "concepções alternativas" evidenciam que, por exemplo, a palavra força empregada pelo aluno expressa conceitos distintos do da palavra força

expressa pelo professor que está significando (para quem compartilha o paradigma) a conceituação estabelecida pela generalização simbólica do paradigma:  $\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$  ou seja, o agente ( $\vec{F}$ ) que ocasiona durante um intervalo infinitesimal de tempo ( $dt$ ) uma variação infinitesimal na quantidade de movimento ( $d\vec{p}$ ).

Este alerta para a educação em Ciências de que, "sob a mesma palavra, há conceitos tão diferentes", já fora dado em 1938 por Bachelard no livro *La Formation de l'Esprit Scientifique*, onde desenvolve e analisa o seu conceito de "obstáculo epistemológico" para a formação do pensamento científico e que seriam "os retardos e perturbações que se incrustam, no próprio ato de conhecer, uma resistência do pensamento ao pensamento" (Jupiassu, 1976, p. 171).

Bachelard, um cientista-educador, além de filósofo da Ciência e poeta, tem uma vasta obra publicada onde se nota claramente a sua preocupação pedagógica, fruto de uma reflexão da prática do educador-cientista, interessado essencialmente com a formação do pensamento científico, inclusive alunos do curso secundário.

O conceito de obstáculo epistemológico é, por isso mesmo, por ele empregado para uma interpretação tanto do desenvolvimento científico como da prática educacional (Bachelard, 1983). Para Bachelard é também através de rupturas que o conhecimento científico se constrói, da mesma forma que é através de rupturas que se passará do "conhecimento vulgar" para o conhecimento científico (Bachelard, 1977).

O não-reconhecimento, pelos professores, de que há também "obstáculos pedagógicos" para a formação do pensamento científico do estudante é criticado por Bachelard. A sua prática de educador parece tê-lo convencido, mais do que a outros, de que os "obstáculos" não podem ser negados, negligenciados, escamoteados na tarefa educacional: "Sempre me surpreendeu o fato de que os professores de ciências, mais que os outros, não compreendam que não se possa compreender. Poucos são aqueles que aprofundam a psicologia do erro. ..." (Bachelard, 1977, p. 150).

Bachelard, muito antes dos resultados e propostas oriundos das investigações em concepções alternativas, considera que o estudante chega à aula de Física com conhecimentos empíricos já construídos, fruto da sua interação com a vida cotidiana e que, portanto, durante a educação escolar não se trata de "adquirir uma cultura experimental, mas de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já amontoados pela vida cotidiana" (Bachelard, 1977, p. 150).

São as próprias ações e procedimentos que entram em jogo na formação do pensamento científico conforme argumentei ao longo deste capítulo e que Bachelard



parece não estar negligenciando ao se referir às "culturas experimentais" e ao "conhecimento empírico". Ambos, pelo modelo piagetiano, se dão via ação e procedimentos do sujeito sobre o objeto de conhecimento, mas são ações e procedimentos específicos que levam à construção de conhecimentos científicos, daí a "mudança de cultura experimental", ou seja, a mudança da experiência para a experimentação, segundo a distinção que faz Koyré (1982). É a experiência do sujeito - suas ações e procedimentos - que o leva a construir o conhecimento do senso comum ou conhecimento vulgar, mas é a experimentação - ações e procedimentos específicos - que leva à construção de conhecimento científico.

É uma "psicanálise" dos "erros" iniciais - "erros epistemológicos" - cometidos pelos alunos na interpretação do objeto de estudo que Bachelard propõe como alternativa para a superação dos obstáculos:

*"Desse modo, toda cultura científica deve começar, como o explicamos extensamente, por uma catarse intelectual e afetiva. Resta depois a tarefa mais difícil: pôr a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber firmado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, dar, enfim, à razão, razões de evoluir" (Bachelard, 1977, p. 151; grifo meu).*

O que chamei de diálogo tradutor implica, então, um processo para obter o conhecimento vulgar do educando e não apenas para saber que ele existe; trabalhá-lo ao longo do processo educativo, para fazer, como prescreve Bachelard, a sua "psicanálise".

Em outros termos: é para *problematizar* o conhecimento já construído pelo aluno que ele deve ser apreendido pelo professor; para aguçar as contradições e localizar as limitações desse conhecimento, quando cotejado com o conhecimento científico, com a finalidade de propiciar um distanciamento crítico do educando ao se defrontar com o conhecimento que ele já possui e, ao mesmo tempo, propiciar a alternativa de apreensão do conhecimento científico.

O modelo didático-pedagógico deve, então, ser organizado para possibilitar:

- o levantamento do conhecimento vulgar do aluno para se obter o que Bachelard denomina de "perfil epistemológico" desse conhecimento e a sua apreensão e compreensão pelo professor;

- a problematização desse conhecimento e do seu "perfil" ao longo do processo educativo de modo que dialógica e problematizador<sup>me</sup>ante se faça a tradução e introdução dos paradigmas.

Bachelard, em *Filosofia do Não*, apresenta e desenvolve a noção de "perfil epistemológico", particularmente, para analisar a evolução de conceitos científicos, relacionando-os com as concepções teóricas da época em que estão sendo usados. É uma noção que auxilia a compreensão das distintas significações ("conceitua lizações") concebidas filosófica e valorativamente para um conceito designado. A intenção de Bachelard é a de procurar caracterizar as rupturas ocasionadas pelas distintas significações:

*"Poderíamos relacionar as duas noções de obstáculo epistemológico e de perfil epistemológico porque um perfil epistemológico guarda a marca dos obstáculos que uma cultura teve que superar. Os primeiros obstáculos, aqueles que encontramos nos primeiros estádios da cultura, dão lugar a nítidos esforços pedagógicos"* (Bachelard, 1978, p. 30; grifo meu).

A título de exemplo, Bachelard levanta e analisa os perfis epistemológicos dos conceitos de massa e de energia, dos quais destaca, dentre outras apresentadas e discutidas, as distintas significações do conceito de massa na Mecânica clássica e na Mecânica relativística.

Assim, é o perfil epistemológico das concepções alternativas dos alunos (além delas próprias) ou o "paradigma epistêmico", na terminologia de Piaget e Garcia, que precisa ser apreendido pelo professor, para que os "valores" e a "metafísica" (culturalmente determinados) da sua construção possam emergir. É necessário problematizá-los e, sobretudo, questionar se são únicos. Problematizar a sua relatividade, levantar a possibilidade da existência de outros. A intenção implícita será preparar a veiculação, durante o processo educativo, dos valores e partes metafísicas presentes na matriz disciplinar que originam uma conceituação distinta daquela que possuem.

O levantamento do conhecimento vulgar e do seu perfil epistemológico terá um caráter empírico, visto que são característicos do grupo de educandos inseridos num determinado espaço físico e sociocultural. Mas, não obstante, a psicologia social, particularmente os estudos organizados por Moscovici, entre outros, e a pesquisa etnográfica podem auxiliar e dar uma contribuição efetiva para esse levantamento, quer

em termos dos procedimentos para coleta de dados, quer estabelecendo critério de análise.

Neste sentido, o professor será também um educando ao apreender tanto o conhecimento do aluno, como o perfil epistemológico e na prática estará realizando, também, uma investigação durante a sua atuação como educador.

E, aqui, o problema educacional não se restringe à mera proposição de um modelo didático-pedagógico, pois exige uma postura progressista do educador frente à educação. Do seu engajamento dependerá o nível de apreensão e utilização do conhecimento do aluno além, obviamente, dos recursos materiais, intelectuais e institucionais necessários e que devem ser colocados à disposição do professor, seja para a sua formação, seja para a sua atuação.

Então, se, mais do que as concepções alternativas, também os próprios valores e "metafísica" da sua construção precisam ser considerados, por onde iniciar o levantamento do conhecimento vulgar?

Está claro que a opção de levantar os conceitos que os alunos têm a partir do elenco de conceitos dados pelos paradigmas científicos, como habitualmente tem sido realizado pelos investigadores das concepções alternativas, não é a única.

Acredito que a pergunta formulada por esses pesquisadores - "Quais os conceitos que os alunos têm sobre o conceito científico X?" - deve ser precedida (ou no mínimo articulada) pelas perguntas: Que necessidade(s) levou(aram) os alunos a conceberem tal conceito? O que os alunos querem 'explicar' com os conceitos que estão usando?

As histórias das Ciências e as epistemologias evidenciam por que ou o que levou à construção dos conceitos, modelos e teorias. Eles foram (re)formulados a partir de necessidades específicas próprias enfrentadas pelo empreendimento científico, determinadas historicamente, independentemente da particular visão histórica que se considere para analisar os determinantes. Tanto a visão internalista como a externalista evidenciam que foram necessidades específicas o que exigiu as construções de modelos, conceitos, teorias.

Obviamente, não são essas as necessidades que levam o aluno a construir os seus conceitos.

Quais são então?

É isto também que, empiricamente, deve ser levantado pelo educador na sua atividade docente, inclusive o que as várias áreas do conhecimento já têm sistematizado. É isto que o modelo didático-pedagógico deve possibilitar.

Alguns critérios para esse levantamento podem ser delineados. Embora não sejam os únicos, os que a seguir discutirei precisam ser considerados no modelo.

É preciso, antes de mais nada, salientar que um objetivo fundamental (e final) do ensino de Ciências é possibilitar a apreensão dos paradigmas da Ciência pelos alunos. E as perguntas relevantes são: **Quais e para quê?**

Dentre as possíveis respostas, é minha intenção contribuir para aquela que se estabelece como um dos princípios de uma educação progressista e transformadora, qual seja: os paradigmas devem ser apreendidos de maneira a se tornarem para os alunos/cidadãos instrumentos de compreensão dos meios físico (seja natural, seja transformado) e social em que estão vivendo; para a sua atuação, enquanto cidadãos, no sentido da sua transformação.

Esta resposta condiciona, de algum modo, a outra sobre quais paradigmas.

Assim, o que dos meios físico e social precisa ser compreendido imediata e mediatamente durante o período da educação escolar de 1º e 2º graus?

A resposta a esta pergunta pode indicar alguma articulação com o levantamento que se quer realizar e as necessidades que levam o aluno a construir os seus conceitos.

E aqui novamente é preciso "ouvir" o que a história da Ciência nos diz. Pelo menos na interpretação de Bachelard ela nos "diz":

*"Antes de tudo o mais, é preciso saber formular problemas. E seja o que for que digam, na vida científica, os problemas não se apresentam por si mesmos. É precisamente esse sentido do problema que dá a característica do genuíno espírito científico. Para um espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houve questão, não pode haver conhecimento científico. Nada ocorre por si mesmo. Nada é dado. Tudo é construído"* (Bachelard, 1977, p. 148).

Conforme pude argumentar ao longo do capítulo II, foram problemas sócio-historicamente determinados ("não se apresentam por si mesmos") e enfrentados pelo correspondente aparato filosófico-cultural ("espírito científico") característico do período histórico, que permitiram haver conhecimentos científicos, construídos através de rupturas.

Ora, se é a apreensão de conhecimento científico que se deseja com o ensino de Ciências na educação escolar de 1º e 2º graus, por que desprezar uma lição da história?

São problemas sócio-historicamente determinados e presentes nos meios físico (natural e transformado) e social em que o aluno vive que precisam ser formulados e compreendidos, sendo os paradigmas científicos um dos instrumentos para a formulação e a compreensão.

Um dos critérios para o levantamento, portanto, é incluir na investigação que o educador estará realizando a investigação de situações problemáticas e significativas, sócio-historicamente determinadas, presentes no cotidiano do aluno e que foram ou são enfrentadas com a experiência do próprio cotidiano, quer a do aluno, quer a acumulada culturalmente e que lhe é transmitida. Estas situações se forem significativas, já foram ou estão sendo enfrentadas, não necessariamente resolvidas, pelo coletivo que as vive no cotidiano, e que de algum modo geraram as necessidades que levam os alunos e o coletivo a construírem seus conceitos "alternativos" aos dos paradigmas científicos.

Em última análise o que se pode inferir é que a dialogicidade tradutora, que venho procurando caracterizar, tenha como um eixo estruturador os problemas sócio-historicamente determinados.

A tarefa não é nada simples.

Há formulações e formulações para os problemas abstraídos das situações problemáticas significativas, e que condicionam soluções e soluções.

As que já foram efetuadas pelos alunos precisam ser investigadas e apreendidas pelo professor que as trabalhará segundo o que tenho delineado até aqui.

As formulações e soluções que o conhecimento científico oferece para os problemas se farão através da introdução dos paradigmas, tendo-os previamente identificado e selecionado em função do levantamento realizado. Ou seja, será também um problema para o professor resolver com o seu conhecimento específico, contribuindo, através da sua atuação educacional, e da maneira como tenho delineado esta atuação, para a formação científica dos alunos de 1º e 2º graus.

É a transformação dos "conteúdos" inertes dos livros didáticos e programas escolares em conhecimentos dinâmicos, a serem colocados à disposição dos alunos e efetivamente usados, que estou propondo e que o modelo didático-pedagógico deve estruturar.

A análise realizada ao longo do capítulo.II, articulando categorias piagetianas com kuhnianas para uma interpretação do enfrentamento coletivo dos problemas sócio-historicamente determinados, parece indicar que as ações significativas ou as

intervenções intencionais com significação dos sujeitos sobre o objeto, que levaram à aquisição/construção de conhecimento científico, assim ocorreram porque os problemas que o próprio sujeito enfrenta têm uma significação para ele. Sendo o problema e o objeto construído, por algum motivo, significativos, suas ações se tornarão significativas, possibilitando a assimilação de conceitos científicos.

É, portanto, a qualidade do problema, em termos da sua significação, a ser enfrentado pelo aluno de 1º e 2º graus, que em última análise pode propiciar a aquisição de conhecimento científico, via descontinuidade/rupturas.

Uma outra conclusão de Piaget e Garcia afirma que foi possível, pelo menos para a amostra de sujeitos investigada, a aquisição dos conceitos científicos em pauta na investigação, porque a formulação adequada e relevante do problema foi introduzida pelo investigador, não pelo sujeito.

A última das características do modo didático-pedagógico apresentada - a da formulação do problema segundo os critérios do paradigma, introduzida pelo professor, para as situações problemáticas sócio-historicamente determinadas enfrentadas pelo aluno no cotidiano - indica a possibilidade, do ponto de vista da psicologia cognitiva, de se propiciar a descontinuidade/ruptura na aquisição dos conceitos científicos.

Obviamente há uma individualização na significação de problemas coletivamente colocados (sócio-historicamente determinados). Para um particular sujeito que sobre eles agirá, sua individualidade determinará suas intervenções intencionais com significação. Isto é, uma individualidade na sua transação com o paradigma. É talvez essa individualidade a origem para que se possa discriminar as distintas contribuições que homens de Ciência deram e dão ao empreendimento científico. Do mesmo modo, é essa mesma individualidade - temperada pela idiosincrasia, perseverança, assiduidade, tempo necessário e disponível de estudo, a organização deste tempo, entre outros fatores - que permite distinguir os diferentes desempenhos dos alunos na aquisição de conhecimentos científicos.

No entanto, devido à função social da educação e ao caráter coletivo da escola, para além de se preservar e se desenvolver aquela individualidade - sem privilegiar e tampouco incentivar, nem mesmo se basear em "individualismos" - deve ser garantida ao coletivo dos educandos, através do processo didático-pedagógico, a aquisição de conhecimentos científicos, como é a aspiração de uma educação progressista.

Neste sentido, o modelo didático-pedagógico analisado no próximo capítulo pode dar alguma contribuição.

## CAPÍTULO - III

### RUPTURAS E EDUCAÇÃO

*"No entanto é bem evidente que esta ciência ignora pura e simplesmente as causas dos movimentos aparentemente não uniformes. E se imagina algumas, pois certamente imagina muitas, não o faz de maneira nenhuma com o objetivo de persuadir alguém de que as coisas são assim, mas apenas para conseguir uma base correta de cálculo.*

*Como, porém, se apresentam por vezes diferentes hipóteses para explicar um e mesmo movimento, por exemplo, a excentricidade e um epiciclo para o movimento do Sol, o astrônomo preferiria aquela que for mais fácil de compreender. Um filósofo procurará talvez mais a aparência da verdade, mas nenhum dos dois atingirá ou transmitirá algo de certo a não ser que estas novas hipóteses, entre tantas outras antigas, em nada mais verossímeis, se tornem conhecidas, sobretudo porque são admiráveis e, ao mesmo tempo, fáceis, trazendo consigo ingente tesouro de observações doutíssimas. E ninguém espere da Astronomia qualquer coisa de certo no que respeita a hipótese porque ela nada pode garantir como tal."*  
(Copérnico)

O pano de fundo deste capítulo é o caráter polissêmico que o termo conteúdo possui ao ser associado à educação escolar.

Ao longo dos dois capítulos anteriores abordei o processo construtivista na inter-relação entre objeto, conhecimento e sujeito. Neste capítulo exploro a diferenciação fundamental entre objetos do conhecimento e conhecimento construído sobre os objetos. Ao se pretender veiculá-los na educação escolar não se pode identificar um com o outro por simples justaposição; não podem, implícita ou explicitamente, ser considerados como sendo a mesma categoria.

Deverá haver critérios para que se estabeleçam quais objetos e para que se selecionem os consequentes conhecimentos sobre eles construídos, de tal modo que se tornem conteúdos escolares.

A polissemia do termo conteúdo pode levar à interpretação de que o conhecimento universal sistematizado se reduz ao conteúdo veiculado por livros didáticos e programas escolares já estabelecidos e usados na prática docente; e, como uma possível consequência, uma primeira redução: a do objeto e do conhecimento como sendo idênticos por justaposição e, além disso, reduzido a esses conteúdos.

Meu objetivo neste capítulo é analisar as posições de educadores progressistas em relação ao conhecimento e às rupturas identificadas, e usá-las para, articulando com a prática que venho desenvolvendo, fundamentar pelo viés educacional e pedagógico as características apresentadas para o modelo didático-pedagógico.

Procuró identificar as semelhanças e diferenças das análises entre Snyders, pelo viés da filosofia da educação, e Freire pelo viés da reflexão e prática pedagógica, sobre:

- 1) o conhecimento universal sistematizado e o do educando;
- 2) o papel que esses conhecimentos representam no processo educacional;
- 3) a abordagem, segundo esses educadores, desses mesmos conhecimentos, visando as rupturas.

Argumento que, em relação à seleção e desenvolvimento de conhecimentos universais sistematizados que devem se tornar conteúdo da educação escolar, há identidade na postura dos dois educadores.

Mostro que as características essenciais do modelo didático-pedagógico proposto estão contidas na concepção de educação de Freire, na medida em que dela se extrai como é possível trabalhar o aspecto pedagógico dos obstáculos, que exigem rupturas, para enfrentar os obstáculos pedagógicos analisados por Snyders. Procuró argumentar que as considerações realizadas ao longo dos capítulos I e II estão presentes na concepção de educação de Freire. A preocupação deste capítulo é extrair o epistemológico ao explicitar o viés didático-pedagógico.



Há um outro ponto de fundamental importância que é preciso destacar dos exemplos de Snyders, qual seja a especificidade histórica de temas tão universais como o trabalho e o racismo, por exemplo. Tanto a "cultura primeira" a respeito dos temas, como a superação pela "cultura elaborada", exigem tratamentos específicos, dada a inserção do aluno nos distintos meios socioculturais que lhe dão origem.

Pelo menos ao nível da "cultura primeira", os temas racismo e trabalho, para um aluno oriundo da classe trabalhadora francesa por exemplo, têm, seguramente, uma significação distinta da do aluno brasileiro.

Assim é que, há menos de meio século, a França mantinha colônias no Sudeste Asiático, norte e centro da África. Um número não desprezível de habitantes das então colônias, delas originários ou franceses que para lá foram, e hoje das atuais ex-colônias, instalaram-se e instalam-se na França como trabalhadores e imigrantes. Os cidadãos franceses ("retornados") e os originários (e seus descendentes) do Vietnã (a Indochina, ex-colônia francesa) e da Argélia, instalados como trabalhadores na França, viveram, há poucas décadas, guerras colonialistas para a independência; os originários da África negra, Senegal, entre outros, ainda que não tenham enfrentado a guerra colonialista para a independência, têm uma história recente de exploração colonialista e, na memória, a da escravidão, realizadas pelo colonizador. Não é este o "pano de fundo" da "cultura primeira" com a qual o aluno brasileiro se defronta com o racismo.

Igualmente a relação capital-trabalho, num país capitalista do Primeiro Mundo, como é a França, e num país do Terceiro Mundo, como o Brasil, tem especificidades de análise, a partir do "conhecimento universal", que se tangenciam, mas não se confundem. As teorias têm características estruturais e teóricas universais, mas a sua aplicação a diferentes contextos produz um "conhecimento mais local".

Inevitavelmente os conteúdos escolares que constituiriam os programas nos dois países, no tratamento dos "mesmos" temas, têm especificidades e alguma semelhança, mas não são os mesmos e, não obstante, terão a origem a partir da seleção do "conhecimento universal" disponível para a superação daquelas "culturas primeiras" através de uma (e não a) "cultura elaborada", que deverá propiciar a almejada ruptura.

Sob o risco de haver uma espécie de "colonialismo cultural" e de se coisificar os conhecimentos universais, o que Snyders não propõe, é preciso estar alerta para o significado da categoria "conhecimento universal". Por exemplo, para a compreensão do atual estágio de estratificação e especialização da força de trabalho e da contemporaneidade estabelecida pela relação ciência-tecnologia, há a necessidade que "conhecimentos universais" até hoje não abordados sistematicamente nas escolas de 1º e 2º graus se tornem "conteúdos" programáticos escolares.

É oportuno evocar novamente Galileu, sua postura e proposta em relação à formação dos pensadores da Idade Média e ao problema do conhecimento. Mutatis mutandis, até porque historicamente são outros os problemas, quer da educação escolar, quer do conhecimento, é a atualidade da sua postura que precisa ser profundamente considerada ao se refletir a questão dos conteúdos dos programas escolares. Sucintamente a posição de Galileu é muito bem colocada em suas cartas. Vejamos:

*"Oh, meu caro Kepler, como eu gostaria que pudéssemos gargalhar juntos! Aqui em Pádua está o professor principal de filosofia, a quem tenho repetida e enfaticamente convidado a que contemple a Lua e os planetas através de minha luneta, mas que se recusa pertinazmente a fazê-lo. Por que não estás aqui? Que explosões de riso teríamos ante tão gloriosa loucura! E ver também o professor de filosofia de Pisa empenhar-se diante do grão-duque com argumentos lógicos, como se fossem passes de mágica, para, por encanto, fazer desaparecer dos céus os novos planetas" (Galileu, carta a Kepler, 1610; in Burt, 1983, pp. 62-63).*

*"Parece-me que na discussão dos problemas naturais não deveríamos começar pela autoridade das passagens das Escrituras, mas sim por experiências sensatas e por demonstrações necessárias" (Galileu, carta ao grão-duque, 1615; in Burt, 1983, p. 66).*

O conhecimento advindo com as revoluções científicas, moderna e contemporânea, se de um lado exigiu posturas filosófico-epistemológicas distintas para a sua construção e está dado, por outro há a própria dinâmica do processo de sua construção que impede de considerá-lo pronto, concluído, a essência da "verdade". É disso que Galileu quer rir: de um conhecimento pronto, acabado, verdadeiro e que "jaz" nos livros didáticos de 1º e 2º graus, enfim, "conteúdos". Não é para tratá-lo "neo-escolasticamente" que o "conhecimento universal" é dado. Não é porque é dado ou porque seja um patrimônio universal que ele deve ser desenvolvido na educação escolar, mas é porque o seu processo de construção, sua historicidade e sua instrumentabilidade tornarão possível a compreensão dos problemas sócio-historicamente determinados em que os alunos estão imersos.

A argumentação de que seja universal e sistematizado não implica na ausência de critérios ao se pretender trabalhá-lo seletivamente enquanto conteúdos escolares. Afinal, a lógica, a física aristotélica, o geocentrismo e a estrutura do conhecimento escolástico não eram, até o Renascimento e mesmo depois, "conhecimentos universais", patrimônio da "cultura elaborada" do Ocidente, que

tornavam-se "conteúdos escolares" com os quais era formada a intelectualidade da Idade Média? Foram esses conhecimentos que propiciaram a revolução científica e o nascimento da Ciência moderna? Foi com esses conhecimentos que a nascente burguesia transformou a sociedade feudal? Seguramente foram esses "conhecimentos universais" o instrumento do poder feudal, representado pela união Igreja-nobreza. A sua "perfeita" compreensão e domínio pela nascente burguesia pouco serviu para os propósitos da sua ascensão, ou melhor, foi útil para distinguir o que não lhe interessava e onde não deviam investir seu capital. Para investi-lo, usufruiu da construção de um novo conhecimento que atendesse aos problemas com os quais se defrontava.

Argumentei, ao longo dos capítulos anteriores, que: primeiro, não é qualquer conhecimento universal que possui caráter transformador, quer se pense especificamente nas transformações tecnocientíficas, quer mais abrangentemente nas sociais; segundo, as transformações (revoluções), pelo menos as científicas, foram possíveis pela ruptura, e não raramente pela negação, de conhecimentos universais sistematizados já estabelecidos.

São conhecimentos universais que precisam ser veiculados na educação escolar, para que se supere a "cultura primeira", via rupturas, com vistas à formação do cidadão para atuar numa perspectiva de transformação da sociedade? Então são conhecimentos universais que histórica e dialeticamente precisam ser selecionados, estabelecidos, a partir do que já existe, inclusive na produção contemporânea não apresentada em manuais didático-pedagógicos, tornando-se, assim, conteúdos escolares com aquela finalidade: fornecer instrumentos de compreensão e transformação da sociedade, propiciar rupturas e, claro, proporcionar prazer e alegria.

Às portas do século XXI, permeado por questões científicas estabelecidas mas ainda não totalmente resolvidas, pela relação Ciência-tecnologia com reflexos profundos no sistema produtivo - como, por exemplo, a informatização, a crescente robotização e o aproveitamento de recursos energéticos via combustíveis nucleares - a sociedade contemporânea tem vivido e presenciado uma total dissincronia dos atuais conteúdos dos programas escolares de Física do 2º grau para a compreensão desse cotidiano impregnado de temas científicos e tecnológicos. Não obstante, são conteúdos extraídos do conhecimento universal sistematizado e não suficientes para a formação cultural e científica do cidadão do final deste século e, seguramente, muito menos ainda para os jovens alunos das escolas públicas de 1º e 2º graus que viverão a sociedade do século XXI. A se continuar com os mesmos programas escolares de Ciências Naturais, Física particularmente, as perspectivas são, no mínimo, desalentadoras. Baseados em conhecimentos científicos dos séculos XVII e XIX, que foram necessários para a

primeira e segunda revoluções industriais, respectivamente a mecanização da indústria e a sua eletrificação, necessários para a formação científica dos educandos, são insuficientes para a compreensão da sociedade contemporânea que se pretende transformar.

Menezes, físico-educador, analisa, em sua tese de livre-docência *Crise, Cosmos, Vida Humana - Física Para Uma Educação Humanista*, as relações Ciência-tecnologia-sociedade na perspectiva da construção de uma educação progressista e transformadora. São a contemporaneidade dessas relações e a modernidade necessária ao ensino de Física o objeto de análise de Menezes:

*"O mundo vive uma múltipla crise, resultante da alienação nas relações entre seres humanos e entre estes e a natureza, o que tem levado à degradação cultural e ambiental, à miséria de povos e nações e pode provocar o aniquilamento da espécie. A Física, apartada da Filosofia e das Humanidades, vive alguns aspectos específicos dessa crise, e tem tocado desde o domínio quântico até o cósmico em pontos relevantes para a compreensão da crise. ...*

*"O ensino da Física em todos os níveis excessivamente centrado no instrumental teórico, em detrimento da reflexão sobre o universo natural e prático, deve ser redirecionado no sentido de permitir tanto formação de visões-de-mundo quanto a aquisição de conhecimentos úteis à vida. ...*

*"A educação e a escola, que têm também por função a intermediação entre o conhecimento e algumas das práticas sociais, não podem ser desprezadas como espaços onde se possa buscar tanto a compreensão como a superação da crise" (Menezes, 1988, extratos do resumo; grifo meu).*

Abro um parêntese para exemplificar e aprofundar um pouco mais os aspectos abordados por Menezes, relatando uma das situações educacionais pelas quais passei na Guiné-Bissau, no projeto "Formação de Professores de Ciências Naturais" para as 5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> séries do 1<sup>o</sup> grau. Entre outras das muitas por mim vivenciadas (Delizoicov, 1982), esta é uma das que têm-me alertado quanto às possíveis discrepâncias na escolha e tratamento dos conhecimentos universais na educação escolar, se os seus critérios de seleção e tratamento para o educador progressista não forem explicitados.

Trata-se do "conteúdo" dilatação dos sólidos, apresentado na 6<sup>a</sup> série do 1<sup>o</sup> grau, da Guiné-Bissau, anteriormente à reformulação curricular originada com a implantação do projeto. Entre outras "necessidades", apresentadas pelos livros didáticos

- sobretudo portugueses-que os professores utilizavam como consulta, para a compreensão desse fenômeno físico e do conhecimento científico acumulado que o interpreta, estava a distância entre a junção dos trilhos de uma estrada de ferro. Um detalhe, nada desprezível: na Guiné-Bissau não há estradas de ferro! Na época não havia emissoras de televisão e, obviamente, nem aparelhos receptores! A grande maioria dos alunos são camponeses (cerca de 80% da população) vivendo nas aldeias do meio rural, onde o acesso a outros meios de comunicação visual é, pelo menos, escasso, senão inexistente. Argumentavam os professores (leigos), durante o levantamento realizado, anteriormente à implantação do projeto, que alguns alunos "até entendiam a dilatação dos sólidos", mas "não conseguiam sequer imaginar o que fosse um trem, uma locomotiva, uma estrada de ferro", quanto mais a necessidade de separação entre as junções dos trilhos! Alguns professores apresentavam, quando tinham acesso (eles também da zona rural), ilustrações dos "comboios", dos "caminhos de ferro".

No entanto, a grande maioria dos alunos fabricava, ou convivia com a fabricação, dos seus próprios instrumentos agrícolas - parcialmente de ferro, convivendo, inclusive, com o processo de usinagem pelos artesãos ferreiros - e não foi esta a origem do estudo da influência da temperatura no comportamento dos metais, sequer relacionada com aquela fabricação dos utensílios.

Era o enraizamento do colonialismo cultural português, passado na formação "conteudista", neo-escolástica, liceal, daqueles jovens professores guineeses, que os impedia de ter a dimensão crítica que os conhecimentos devem ter. Alguns deles tiveram formação escolar inicial nas "regiões libertadas" pela guerrilha na guerra de libertação ou foram guerrilheiros. É para se supor, no mínimo, uma posição progressista. Mas, no afã de ganhar o tempo perdido por séculos de colonialismo e "levar" conhecimentos científicos para os seus alunos na melhor das boas intenções, com a competência que lhes foi fornecida e seriedade no trabalho, de modo a propiciar o acesso à "cultura elaborada", para a superação dos problemas tecnológicos, políticos, sociais e econômicos em que o país se encontra, julgavam os professores, pelo padrão da sua formação escolar tradicional, que aquele caminho, o da apresentação da "cultura elaborada" do tuga (o colonizador), seria suficiente para a formação das crianças e adolescentes com o objetivo de propiciar a superação das condições de um país do chamado "quinto mundo".

Esta descrição, além de não contribuir no sentido formativo apontado por Menezes, caracteriza uma situação mais abrangente e de certo modo ideologicamente arraigada, e não apenas em países do hemisfério sul.

Zanetic (1989), também físico-educador, analisa o problema da não-incorporação das Ciências, Física particularmente, na cultura dos cidadãos. Sua preocupação fundamental é a formação do cidadão brasileiro, argumentando sobre a pobre presença das Ciências no "caldo cultural". Defende a necessidade de que a Física, para além de todos os outros aspectos formativos e instrumentais, seja incorporada nesse caldo cultural da cidadania. Não é sem razão que o título da sua tese de doutoramento seja: **Física Também é Cultural!**

Para a compreensão dessa lacuna cultural, inclusive em parte não desprezível da "inteligência" nacional, incluindo educadores progressistas, que possui "cultura elaborada" e que não usa profissionalmente o conhecimento produzido pela Física, Zanetic apresenta dados referentes também a países de hemisfério norte, principalmente Inglaterra e Estados Unidos, evidenciando que o problema não se restringe a países do Terceiro Mundo, onde a tradição histórica da investigação científica é mais recente e o desenvolvimento da pesquisa científica e tecnológica ocorre com menor intensidade, quando cotejada com a do Primeiro Mundo. Apesar disso, Zanetic (1989, capítulo 5), fornecendo referências de pesquisas lá realizadas argumenta que, tanto o cidadão inglês como o americano, por exemplo, não têm incorporado conhecimentos científicos nas suas culturas, sendo igualmente pobre a presença das Ciências no caldo cultural. Entre outros dados e análise apresentados por Zanetic, encontram-se aqueles referentes a dois estudos comparativos, realizados um na Inglaterra, o outro nos Estados Unidos. É a seguinte a citação que Zanetic usa sobre as conclusões desses trabalhos:

*"Os dois estudos revelam uma grande ignorância dos dois povos com relação à Ciência, ainda que no geral ela seja maior por parte dos britânicos, afirma Durant.*

*"No conjunto, somente um de cada 20 adultos pode ser qualificado como 'cientificamente culto'.*

*"É o fenômeno do 'analfabetismo científico". (citação, in Zanetic, 1989, nota 7, cap. 5, p. 168).*

Zanetic explora esses dados, articulando-os com a situação brasileira, ao analisar o problema da pobreza da presença de uma cultura científica na realidade contemporânea e o papel que tem desempenhado a educação escolar para essa situação:

*"Deve ficar claro desde logo que este não é um problema exclusivamente brasileiro, mas é derivado da forma dominante de apropriação e manipulação do*

*conhecimento que implica, é claro, no seu modo de selecionar e transmitir todas as formas de conhecimento que participam do caldo cósmico chamado cultura. Ou seja, é elaborada uma cultura desvinculada da realidade, produzindo um pensamento alienado do ser social que o pensa. Uma forma de aquisição de conhecimento que tem por finalidade primeira o diploma, a passagem para uma atividade de trabalho que se distancie do manual, e não o saber." (Zanetic, 1989, p. 148).*

Esse autor, ao buscar as causas do problema no Brasil, fundamenta-se na análise que faz Nelson Werneck Sodré sobre a evolução cultural no Brasil desde a Colônia, concluindo: *"Sodré destaca uma herança cultural que transcende o período colonial a que ele estava se referindo ... A cultura 'adquirida' primordialmente através do sistema educacional ganha, assim, um significado de ascensão social, de distinção entre formas 'nobres' e 'não-nobres' de trabalho, um sinal aristocrático e diferenciador presente também nos dias de hoje. É a 'despoliitização' do sistema de ensino nas reformas educacionais oficiais, como indica Octávio Ianni, acrescentando que esse sistema acaba se transformando numa mera 'agência de preparação de quadros técnicos para a empresa privada e o aparelho estatal' ..." (Zanetic, 1989, pp. 148-149; grifo meu).*

Entendo que Snyders defenda a veiculação da cultura elaborada, através de "conteúdos escolares", não apenas porque este seja um dos papéis fundamentais da escola. Afinal, os "conteúdos", por enquanto, têm funcionado também para aquela finalidade apontada por Ianni, e destacada por Zanetic. Não creio que a argumentação de Snyders seja no sentido de abordar a cultura elaborada, via "conteúdos", visando aquela transformação ocorrida no sistema escolar brasileiro.

Pelo menos para essa transformação, a veiculação do "conteúdo pelo conteúdo" foi atingida. Não creio que seja benéfico que o educador progressista brasileiro deva endossar, sem um mínimo de criticidade e de critérios, a veiculação de "conteúdos", inclusive porque fornece argumentos e munição para educadores não-progressistas e mesmo antiprogressistas que mantêm certo ranço dos "conteúdos", ao defendê-los, exatamente porque não almejam no plano ideológico as transformações sociais, veiculando-os de modo a manter o status quo. No Brasil, historicamente, é esta uma das lições a serem aprendidas. O fato de que Snyders e outros educadores progressistas defendam que as rupturas, inclusive na organização político-social, ocorram através da apreensão da cultura elaborada, ao se tornar conteúdos escolares, posição que eu também defendo, não pode ser confundido com os "conteúdos" dos textos didáticos, de 1º e 2º graus, nem da forma como são abordados, particularmente

os editados nas duas últimas décadas, ou reduzidos apenas aos "conteúdos" dos programas escolares já formulados.

Zanetic (1989), no último capítulo da sua tese, intitulado "A Física Escolar", faz um histórico dos projetos de ensino de Física, americanos e nacionais, e analisa o que significaram e têm significado estes e os livros didáticos de Física para o 2º grau, quer enquanto influência na formação dos professores de Física, quer como instrumento de trabalho desses professores e como consequência a própria educação que é fornecida aos jovens que são "processados" pelo ensino de 2º grau.

Destacando as raras exceções e as más condições de trabalho dos professores, sobretudo da escola pública, Zanetic, após argumentar sobre a decadência do ensino de Física nas escolas de 2º grau, e não só nas públicas, pergunta: "*por que ocorreu essa decadência no ensino de física em nossas escolas de 2º grau?*" (Zanetic, 1989, p. 192).

Em relação à contribuição dos textos didáticos para essa situação é a seguinte a conclusão de Zanetic, entre outros motivos por ele apresentados:

*"Os projetos brasileiros ... mencionados já quase não são mais utilizados em nossas escolas e os livros adotados de maior sucesso, aqui também com algumas poucas exceções, são de qualidade inferior até com relação aos textos utilizados antes da década de sessenta. ... um terceiro motivo poderia ser a política editorial de livros didáticos. Afinal, o livro didático é uma mercadoria. Deveria ser tratado como uma mercadoria especial em diversos aspectos: no seu conteúdo específico e pedagógico, no seu preço num país de pobres, na sua distribuição criteriosa, entre outros. Mas nada disso ocorre e o livro didático é apenas mais um elemento da indústria cultural e um dos que oferecem um substancial retorno de investimento para editores e burocratas"* (Zanetic, 1989, p. 193).

A essas "qualidades" do livro didático eu acrescento: são eles que ditam os "conteúdos" a serem abordados nas escolas, em sintonia com o que conclui Zanetic:

*"Caricaturando um pouco toda essa situação, particularmente no que diz respeito à escola pública, eu diria que esses e outros motivos acabam convergindo num só: os professores, por falta de tempo, disposição e motivação, acabam optando pelos livros didáticos que nasceram nas aulas de cursinhos, pois, de um lado, já têm a destinação certa (preparar para o vestibular) e, de outro, facilitam o preparo das aulas já que apresentam um resumo 'apropriado' da 'teoria em física' e uma lista de exercícios e problemas típicos de exames que manterão os alunos ocupados por muito tempo. E assim, a física 'escolar' passa a ser física 'vestibular'"* (Zanetic, 1989, p. 194).



E o conhecimento produzido pela Física, enquanto seu processo de produção, isto é, sua dinâmica, sua historicidade e instrumentabilidade, não se torna "conteúdo" escolar; o seu formalismo, ao ser veiculado como "conteúdo", por esses livros a que Zanetic se refere, torna-se, na expressão por ele usada, "formulismo", reduzindo o formal ao "formul", em cujo adestramento o aluno é aliciado: aplicação de fórmulas a "problemas" que se reduzem e se esgotam, na maioria das vezes, na própria aplicação das fórmulas.

É esta a leitura que o termo conteúdo também permite e não basta apenas adjetivá-lo para que se faça outra leitura, aquela que permite trabalhá-lo criticamente, como propõem Snyders enquanto filósofo da educação, Menezes e Zanetic enquanto físico-educadores progressistas, especialistas na análise e desenvolvimento de conhecimentos científicos na educação escolar.

Fecho este longo parêntese e deixo para os especialistas em ensino de literatura, de história, de sociologia e das outras áreas do conhecimento, bem como aos teóricos da pedagogia progressista brasileira, os comentários, análises, aprofundamentos e eventuais mudanças nos critérios apresentados por Snyders para seleção dos respectivos conteúdos escolares. Aqui me deterei nos conteúdos de Ciências naturais.

Snyders esboça critérios para a seleção de conhecimentos científicos a serem desenvolvidos pelos programas escolares, argumentando sobre: o "desejo" dos jovens em manejar, consertar, compreender objetos técnicos tais como mobilete(!), carro (!), transistor, TV, geladeira, etc.; a "ansiedade" a respeito do balanço benefício-perigos do progresso científico; a história das ciências dando ênfase ao processo de construção enquanto permite localizar os limites de validade das teorias e modelos científicos (Snyders, 1988, p. 98).

Não obstante sejam frutos da reflexão de um filósofo da educação e educador progressista não-especialista em ensino das Ciências, são critérios diretores gerais, abertos, que educadores progressistas e especialistas em ensino de Ciências devem considerar como minimamente necessários.

Menezes, já em 1977, no artigo "A Completely(?) New(?) Method(?) of Teaching(?) Physics(?)", publicado na revista inglesa *Cambridge Journal of Education* (Menezes, 1977) e posteriormente em português, na *Revista de Ensino de Física* (Menezes, 1980), expressa, entre outros critérios para o ensino de Física, os mesmos que Snyders nos apresenta em *Alegria na Escola*.

Desde 1984, Menezes coordena, em conjunto com João Zanetic e Yassuko Hosoume, todos professores universitários do Instituto de Física da USP, uma equipe de mais de vinte professores de Física do 2º grau da rede pública de São Paulo que desenvolveu o Projeto GREF (Edusp, 1990) - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física - produzindo textos didáticos a partir desses critérios, aplicando-os em escolas da rede pública estadual e formando professores para a sua utilização. É a Física presente no cotidiano de uma cidade como São Paulo, particularmente nas geladeiras, automóveis, TV, instalações e aparelhos elétricos, entre outros, que é "dissecada" pelo conhecimento científico acumulado, com suas teorias e modelos, nesses textos didáticos.

A trajetória e a análise dessa abordagem e concepção para o ensino de Física são apresentadas por Menezes na referida tese de livre-docência. Um breve relato histórico, partindo da exposição de Menezes, permitirá uma melhor compreensão do que se seguirá ao longo deste capítulo:

*"O ano de referência para o início das cogitações é 1975. Ao lado dos trabalhos e orientação de dissertações em mecânica estatística, comecei a trabalhar com um pequeno grupo, majoritariamente de estudantes da pós-graduação em Ensino de Física. João Zanetic e eu éramos os docentes mais assíduos do grupo e entre os estudantes ... eram Demétrio Delizoicov, José André Angotti e Mário Takeya.*

*"... Bem mais tarde, vim a identificar aquela intenção de tratar a Física a partir de aparelhos, dispositivos e fenômenos manipulados e 'conhecidos' pelos estudantes no seu cotidiano com o combate às 'idéias inertes' de Whitehead (1969) ...*

*"Também foi a posteriori, como lembra Angotti (1982), que 'percebemos que ela (a nossa proposta) mantinha certa relação com a concepção educacional de Paulo Freire. De certa forma, os dispositivos e fenômenos familiares aos alunos seriam os temas geradores para a introdução ao estudo da física' (Angotti, 1982). Eu já havia lido algo de Freire, curiosamente em alemão (Pedagogik der Unterdrueckten), enquanto vivia na Europa. Sabia que os pontos de partida, até pela vivência e pelo contexto, eram muito distintos, que deveríamos tomar com cautela as semelhanças. ...*

*"Demétrio Delizoicov e José Angotti construíram a ponte conceitual entre o que fazemos e o que Freire desenvolvera" (Menezes, 1988, pp. 202-203).*

Zanetic (1989) fornece outros detalhes, complementando este breve relato histórico sobre a constituição e produção desse grupo de ensino de Física:

*"De fins de 1972 a início de 1975 permaneci no Centre for Science Education na Universidade de Londres ... Foi nessa época que comecei a me inteirar da obra de Paulo Freire, de quem havia lido algo ainda no Brasil, que estava com seus livros banidos pela censura, nesse momento, no país ... É assim que passo a ler os livros do mais importante educador brasileiro contemporâneo ... em inglês. Havia uma espécie de um estranho, melancólico e saudoso prazer de ler os conceitos de 'generative themes', 'the banking concept of education', 'dialogical education', entre outros, no seu livro Pedagogy of the oppressed ...*

*"Em 1975, de volta ao Brasil, encontrei pela frente um estimulante desafio educacional no curso de licenciatura: dar aulas na disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física ... O impacto provocado pela leitura dos textos de Paulo Freire, nessa altura já editados em português, era às vezes até dramático. E a partir daí começamos uma discussão, que foi constante nos vários anos em que trabalhei com os alunos de Instrumentação ... Discutíamos questões do tipo: não deveria ser apresentada uma física mais próxima do mundo que nos cerca? A física apresentada na escola não deveria envolver também os últimos avanços conseguidos pela física deste século? E o papel da história nesse ensino?*

*"Por essa mesma época essas questões eram também o ponto de partida de um grupo de estudos envolvendo alguns alunos da pós-graduação em ensino de física e alguns docentes do Instituto de Física. ... O tema principal deste grupo, nessa época inicial, era a problemática da educação popular. Também estava presente nessas discussões uma forma de tornar o ensino abstrato da física mais próximo de experiências reais, como mostra o título de um trabalho desenvolvido por alguns de nós: Um Laboratório de Termodinâmica Baseado no Estudo de Ciclos Reais. Porém, boa parte do tempo foi tomada com a leitura sistemática das obras de Paulo Freire e o seu relacionamento com o ensino de física. Dois dos componentes do grupo de estudos, Demétrio Delizoicov e José André Angotti, acabaram aplicando esse estudo teórico num contexto social que era, então, muito mais propício: a recém-independente Guiné-Bissau" (Zanetic, 1989, pp. 4-8).*

Deste modo, porque a própria prática-reflexão da nossa atuação educacional foi construída tendo como um dos referenciais a concepção de educação de Paulo Freire, é a partir dela que pretendo estruturar um modelo didático-pedagógico. Mas, antes de "abandonar" Snyders mas tendo-o sempre presente e "usar" Freire como referência para a proposição do modelo, pretendo argumentar onde não há divergências, segundo minha interpretação, entre os dois educadores progressistas quanto aos "conhecimentos universais" e o seu tratamento na educação escolar.

### III.2 - DA VISÃO INGÊNUA À CRÍTICA

Desde 1969 atuando como professor e ainda estudante universitário, conscientizei-me, inicialmente a partir da minha prática docente, da necessidade de uma abordagem crítica dos conteúdos escolares selecionados do conhecimento universal sistematizado.

De 1969 a 1973 lecionei, em escolas públicas da periferia da cidade de São Paulo, Matemática e Física, respectivamente no 1º e 2º graus. O conhecimento produzido e em produção dessas duas áreas do saber é vasto. Eu questionava por que era apresentado nos programas escolares de forma excessivamente fragmentada, isto é, em compartimento estancos, e na maioria das vezes anacronicamente.

Entre outras preocupações docentes minhas daquele período encontravam-se essas da compartimentação e do ensino anacrônico de Física no nível do 2º grau. Os programas escolares - mesmo que desenvolvidos em sua totalidade - deixariam o aluno com uma visão, além de fragmentada, não atual do conhecimento em Física. De modo geral, restringiam-se aos conhecimentos básicos construídos pela Física dos séculos XVII a meados do século XIX, e os que mais procuraram se atualizar não chegavam a veicular, na escola, sequer aqueles produzidos no início do século XX. No entanto, meus alunos se colocavam questões e conviviam com informações de caráter científico e tecnológico, por eles abordados não raramente nas minhas aulas, que eram, da mesma forma que os textos didáticos, no mínimo descontextualizadas, e, posso reconhecer, "chatos", desestimulantes, primeiro, do interesse dos alunos pelo saber e, segundo, do uso que eles próprios deveriam fazer para a sua compreensão das situações naturais e tecnológicas em que conviviam.

Esta preocupação com a dicotomização entre o que chamávamos de "física de quadro-negro" e a "física para uso e interpretação" pelo aluno dos fenômenos naturais e situações tecnológicas passa a ser explicitada também por outros professores e o seu enfrentamento pela comunidade de professores de Física no Brasil é cada vez mais crescente. Já na década de 70 se inicia um questionamento quanto ao papel do ensino de Física no 2º grau. O evoluir desse questionamento pela comunidade dos professores de Física tem uma história no Brasil de mais de vinte anos, podendo-se localizá-lo a partir do I Simpósio Nacional de Ensino de Física, realizado em 1970 e promovido pela Sociedade Brasileira de Física. Até o momento, outros nove simpósios já foram realizados e acham-se todos publicados em atas.

Problematizar o conteúdo escolar de Física passou a ser o objetivo de grupos de professores e de pesquisadores da área que têm uma presença ativa e constante nesses simpósios.

Em 1975, já tendo ingressado no programa de pós-graduação em Ensino de Ciências (Modalidade Física) coordenado pelo Instituto de Física e Faculdade de Educação da USP, integro-me a um dos grupos de pesquisa em Ensino de Física - o já referido por Zanetic (1989) - cuja preocupação principal era uma abordagem educacional, em particular para o ensino de 2º grau, que possibilitasse a aproximação dos seus conteúdos com o cotidiano dos alunos.

As análises teóricas, do ponto de vista educacional, por nós conhecidas naquela época (1975) e que poderiam auxiliar o grupo no aprofundamento das questões para investigação, encontravam-se, principalmente, na obra de Paulo Freire, que passou a ser estudada e discutida internamente pelo grupo, conforme relato de Menezes (1988) e Zanetic (1989).

O primeiro trabalho educacional, a nível de prática, fruto dessa reflexão inicial do grupo teve início em 1979, no projeto desenvolvido na Guiné-Bissau. A descrição dessa prática, sua análise e o início de sistematização foram objeto da minha dissertação de mestrado e da de Angotti (1982). Posteriormente a prática desse projeto começou a ser reproduzida no Brasil, a partir de 1984, nos dois outros projetos atualmente em andamento.

A argumentação sobre as não-divergências entre Freire e Snyders que mencionei será parametrizada, portanto, por uma prática efetiva, bem como pela reflexão dessa prática e a consequente sistematização que a ela foi dada até o momento.

De início é preciso ressaltar que tanto a obra de Snyders como a de Freire constituem um processo de construção que envolve a análise e as práticas educacionais a partir de premissas teóricas de origens distintas e elas mesmas aplicadas às distintas práticas educacionais.

No entanto, a transposição a partir da gênese de cada uma delas, com pressupostos teóricos e práticas distintos entre si, para uma terceira prática diferente das anteriores, através de várias iniciativas, para a educação e o ensino público nas escolas brasileiras, justifica a tentativa que farei de "tradução dos paradigmas", isto é, traduzir um na linguagem do outro e vice-versa, para daí, então, estabelecer as reais diferenças e os eventuais pontos comuns entre Snyders e Freire.

É possível estabelecer pelo menos as seguintes diferenças entre os "paradigmas".

Snyders:

- Inspira-se num referencial explicitamente marxista, enquanto modelo de análise, quer da sociedade, quer da educação (partes metafísicas ou paradigma filosófico e valores do paradigma);
- Emprega esse referencial para a análise da educação, da escola e do ensino escolar a partir de práticas e sistemas educacionais distintos dos que caracterizam os brasileiros, particularmente os franceses ("exemplares" do paradigma).

Freire

- Inspira-se num referencial "fenomenológico-existencialista"; emprega as categorias "opressor" e "oprimido" mas não as de classes sociais e luta de classes (partes metafísicas ou paradigma filosófico e valores do paradigma).
- Utiliza esses fundamentos, para construir e analisar uma prática para a educação, originalmente a partir da educação de adultos e não o ensino escolar ("exemplares" do paradigma).

Fica claro, portanto, que ambos os "paradigmas":

- i) têm origens diferentes;
- ii) enfrentam distintas práticas educacionais, por sua vez;
- iii) diferentes daquela que os educadores progressistas no Brasil têm, qual seja a da educação e do ensino nas escolas públicas brasileiras.

A construção de uma educação escolar progressista no Brasil é analisada por Libâneo (1987), entre outros educadores, através de algumas práticas estabelecidas. As identificadas por esse autor, que têm como pressupostos a concepção de educação de Freire, têm sido denominadas de "tendência progressista libertadora", e aquelas em sintonia com Snyders, além de outros educadores marxistas, têm sido denominadas de "tendência progressista crítico-social dos conteúdos".

Na tentativa de "tradução" dos paradigmas, empregando o que denominei de dialocidade tradutora, será útil a análise das práticas realizada por Libâneo.

A fundamentação teórica e às próprias práticas devem ter a dimensão de um processo em construção, ou mesmo de recriação, pelos educadores brasileiros, a partir daquelas referências iniciais dos paradigmas.

Há problemas metodológicos a serem enfrentados, cujas soluções transcendem às premissas teóricas que cada uma das tendências possui, mas que simultaneamente das próprias premissas teóricas precisam ser abstraídas na articulação entre prática e teoria.

Partindo da descrição e análise de Libâneo das práticas da "tendência progressista libertadora", utilizarei a articulação prática-teoria para a "tradução".

Ao se referir aos "passos da aprendizagem", Libâneo (1987) menciona o processo "codificação-decodificação-problematização", proposto por Paulo Freire, que aliás emprega o termo descodificação e não decodificação, para a abordagem e compreensão de uma situação vivida pelo educando, com o qual se pode chegar a uma visão crítica da realidade "através da troca de experiência em torno da prática social". Interpretando esses passos, Libâneo afirma: *"Se nisso consiste o conteúdo do trabalho educativo, dispensam-se um programa previamente estruturado, trabalhos escritos, aulas expositivas, assim como qualquer tipo de verificação direta da aprendizagem, formas próprias da 'educação bancária', portanto domesticadores"* (Libâneo, 1987 p. 34; grifo meu).

É possível reconhecer, nessa descrição e interpretação, o que tem sido denominado de "espontaneísmo" de algumas práticas educacionais, cuja consequência mais imediata é o que vem sendo denominado de "esvaziamento de conteúdo", referindo-se a uma abordagem não-sistematizada, ou aleatória, de informações oriundas de conhecimentos universais.

Quando tais práticas são transpostas para o âmbito da educação formal, mais precisamente para o da escola pública de 1º e 2º graus, não permitem a democratização do conhecimento universal sistematizado, uma vez que este é "esvaziado". Daí o meu acordo com Libâneo no tocante à não existência de um programa previamente estruturado quando esse tipo de prática ocorre. Mas meu acordo restringe-se apenas à descrição dessas práticas e não à interpretação de que a partir da concepção freiriana não seja possível a estruturação prévia de conteúdos programáticos.

Aquelas práticas que, na educação escolar, assim se comportam e enfrentam o problema da transposição têm, além de um caráter espontaneísta, uma postura reducionista da concepção freiriana da educação, e posso afirmar que nada têm que se poderia assemelhar à proposta de trabalho contida na concepção de Freire. Mesmo que

possam manter algumas de suas premissas - tal como a dialogicidade e a valorização do saber do educando e, talvez, por isso, se faça a identificação com a educação dialógica - falta-lhes, na execução da atividade educacional, uma das etapas mais importantes, essencial e mesmo crucial ao se tentar a transposição, qual seja a **redução temática** (Freire, 1975a, cap. III).

De fato, a redução temática, quando negligenciada, leva a uma interpretação no mínimo distorcida do que é proposto por Freire. Ainda que toda a sua obra constitua um "relatório" da sua prática, como o próprio educador a ela se refere, prática advinda da atuação na educação (informal) de adultos, nela podemos encontrar indicações metodológicas e procedimentos que permitem, devidamente interpretados orientar o trabalho educativo na escola pública e inclusive estruturar previamente um conteúdo (universal) programático.

É claro que, ao se partir daquelas indicações, o problema a ser enfrentado exige investigação e, por isso, a transposição não é imediata, correndo-se o risco do reducionismo e do "esvaziamento do conteúdo". No entanto, esta possibilidade não é devida à proposição teórica, ficando ao sabor das interpretações parciais da proposição.

Para evitar que a minha exposição e argumentação também se restrinjam apenas a uma interpretação, procurarei destacar algumas citações de Paulo Freire de modo a fundamentar a minha "tradução".

A dinâmica da educação problematizadora, da forma sistematizada por Freire, deve ser efetuada em cinco etapas, sendo a última aquela caracterizada pelas atividades em sala de aula como uma decorrência das quatro anteriores, destinadas à **Investigação temática** (Freire, 1975a, Cap.III).

Em **Pedagogia do Oprimido** o educador descreve e analisa essas etapas que, neste momento, serão nomeadas e não abrangentemente relatadas. Uma linha de ação é estabelecida com o intuito de apreender os temas geradores, bem como trabalhá-los, dialeticamente, durante todo o processo educativo.

Assim, as seguintes etapas são propostas por Freire (1975a):

#### **PRIMEIRA ETAPA (p. 121): levantamento preliminar**

Faz-se um levantamento das condições da localidade, onde através de fontes secundárias (de modo geral, dados escritos) e reservas informais com os indivíduos (alunos, pais, representantes de associações ...) realizam-se a "primeira aproximação" e uma recolha de dados.



## SEGUNDA ETAPA (p. 126): análise das situações e escolha das codificações

Em função da análise dos dados apreendidos é feita a escolha de situações que encerram as contradições vividas e a preparação de suas codificações que serão apresentadas na etapa seguinte.

## TERCEIRA ETAPA (p. 131): diálogos descodificadores

*“Preparadas as codificações, estudados pela equipe interdisciplinar todos os possíveis ângulos temáticos nelas contidas, iniciam os investigadores a terceira fase da investigação.*

*“Nesta, voltam à área para inaugurar os diálogos descodificadores, nos círculos de investigação temática” (Freire, 1975a, p. 131; grifo meu).*

Nesses “diálogos descodificadores”, originados a partir da discussão problematizada das contradições vividas, pode ser localizada e obtida pelos educadores a “cultura primeira” dos sujeitos sobre a situação fruto da sua experiência cotidiana que começa a ser problematizada. As informações assim obtidas auxiliam no estabelecimento de diretrizes de análise e de opções didático-pedagógicas aos educadores-investigadores.

Os temas geradores, portanto, são obtidos através do processo dialógico da “codificação-problematização-descodificação” durante a realização dos “círculos de investigação temática” e não nos “círculos de cultura” (realizados posteriormente). A este propósito é muito significativa a nota de Freire no rodapé da página 131: *“José Luís Fiori ... retificou com esta designação (círculo de investigação temática) adequada à instituição em que se processa a ação investigadora da temática significativa, a que antes lhe dávamos, realmente menos própria, de ‘círculo de cultura’, que podia, ainda, estabelecer confusão com aquela em que se realiza a etapa que se segue à da investigação” (Freire, 1975 a, p. 131; grifos meus).*

## QUARTA ETAPA (p. 134): redução temática

*“A sua última etapa (da investigação temática) se inicia quando os investigadores, terminadas as descodificações nos círculos, dão começo ao estudo sistemático e interdisciplinar de seus achados ...*

*"Estes temas devem ser classificados num quadro geral de ciências, sem que isto signifique, contudo, que sejam vistos na futura elaboração do programa, como fazendo parte de departamentos estanques.*

*"Significa, apenas, que há uma visão mais específica, central, de um tema, conforme a sua situação num domínio qualquer das especializações" (Freire, 1975a, pp. 134-135; grifo meu).*

É nesta etapa, portanto, anterior à situação "sala de aula", que se inicia a programação, em termos de conteúdos específicos, da aprendizagem dos educandos.

E, contrariamente ao que vem sendo interpretado, a função do especialista nessa etapa não é desprezível e o fato de se colocar numa postura dialógica não implica, necessariamente, em não manter o controle do processo, sobretudo no que diz respeito ao estabelecimento e desenvolvimento de conhecimentos universais.

É o seguinte o papel atribuído por Freire ao especialista: *"Feita a delimitação temática, caberá a cada especialista, dentro do seu campo, apresentar à equipe interdisciplinar o projeto de "redução" de seu tema. No processo de "redução" deste, o especialista busca os seus núcleos fundamentais que, constituindo-se em unidades de aprendizagem e estabelecendo uma sequência entre si, dão a visão geral do tema "reduzido" (Freire, 1975a, p. 135; grifo meu).*

É a contribuição da "cultura elaborada" para a compreensão dos temas geradores que entra em jogo neste momento. O especialista, a partir da sua análise, identifica e seleciona qual "conhecimento universal" é necessário. Portanto, um problema também para ele que terá que articular os seus conhecimentos tornando-os dinâmicos e instrumentos efetivos para a compreensão dos temas, primeiro para si próprio, de modo a poder construir um conteúdo programático escolar organicamente preparado, a partir de critérios e especificidades estabelecidos pela sua área de conhecimento; da psicologia cognitiva e das informações já obtidas da "cultura primeira" com vistas à sua superação. É um trabalho que envolve uma equipe multidisciplinar de especialistas, podendo tornar-se em equipe interdisciplinar, na medida em que se trabalham os vários prismas do conhecimento sobre um mesmo tema.

Mais importante ainda do que essa atuação do especialista durante a elaboração do currículo - sobretudo ao se pensar na escola pública - é a proposta de inclusão pelo próprio especialista, quando se fizer necessário, de outros temas a que Freire denomina de "dobradiças".

Os "temas dobradiças" têm a função de facilitar a compreensão entre temas no conjunto da unidade programática propiciando uma ligação, ou ainda contêm, entre

si, as relações a serem percebidas entre o conteúdo geral da programação e a visão de mundo que esteja tendo a comunidade.

A justificativa para a inclusão dos "temas dobradiças" é a seguinte:

*"Neste esforço de 'redução' da temática significativa, a equipe reconhecerá a necessidade de colocar alguns temas fundamentais que, não obstante, não foram sugeridos pelo povo, quando da investigação ...*

*"Se a programação educativa é dialógica, isto significa o direito que têm os educadores-educandos de participar dela, incluindo temas não-sugeridos" (Freire, 1975a, p. 136).*

Os temas abordados por Snyders em Alegria na Escola, na minha interpretação, encaixam nessa categoria de "temas dobradiças" prevista por Freire.

#### QUINTA ETAPA (p. 139) : trabalho em sala de aula

É somente após as quatro etapas anteriores, destinadas à investigação temática, que haverá uma retomada da ação educativa, numa etapa mais ampliada, com o programa estabelecido e o material didático a ser utilizado com os alunos já sistematizado:

*"Elaborado o programa, com a temática já reduzida e codificada, confecciona-se o material didático ... Preparado todo este material, a que se juntariam pré-livros sobre esta temática, estará a equipe de educadores apta a devolvê-la ao povo, sistematizada e ampliada. Temática que, sendo dele, volta agora para ele, como problemas a serem decifrados, jamais como conteúdos a serem depositados" (Freire, 1975a, pp. 137-139; grifo meu).*

Fica claro, portanto, que a não-consideração do processo de redução temática - parte integrante da investigação temática e da educação problematizadora - na atuação prática tem como uma das consequências a suposição de não haver estruturação prévia de conhecimentos universais que, no entanto, não representa a proposta do educador.

Libâneo, no item "Conteúdos de Ensino" da sua "tendência progressista libertadora", menciona os temas geradores como "extraídos da problematização da prática de vida dos educandos". O erro das práticas educacionais, objeto de descrição e análise de Libâneo, parece também ter sido por ele cometido. Inexplicavelmente, ou por uma argumentação ad hoc, sequer menciona a investigação temática e o processo

de redução temática que, conforme a exposição anterior, possibilitam um trabalho sistemático na obtenção prévia de um programa. Ao invés disso, afirma Libâneo:

*"Os conteúdos tradicionais são recusados porque cada pessoa, cada grupo envolvidos na ação pedagógica dispõem em si próprios, ainda que de forma rudimentar, dos conteúdos necessários dos quais se parte. O importante não é a transmissão de conteúdos específicos, mas despertar uma nova forma da relação com a experiência vivida" (Libâneo, 1987, p. 33; grifo meu).*

E o que parecia, na exposição de Libâneo, caracterizar apenas as práticas "espontaneístas" e "reducionistas", pode ser interpretado como a característica essencial da concepção freiriana, devido à não-consideração da investigação temática e da redução temática. Elas não são mencionadas em nenhum outro ponto da análise, apesar do autor ter fornecido como uma de suas referências o livro *Pedagogia do Oprimido* (Libâneo, 1987, p. 35), cujo terceiro capítulo a elas é dedicado.

Conforme relatei, a leitura e interpretação que faço da concepção freiriana partiu da necessidade de desenvolver conhecimentos de Física ao nível de seu ensino no 2º grau e de conhecimentos de Ciências Naturais, ao nível de 1º grau, contextualizados e que pudessem tornar-se conteúdos escolares de modo a efetivamente auxiliar o educando no entendimento crítico dos fenômenos e situações naturais e tecnológicas por ele vividos.

O papel desempenhado pela investigação temática e redução temática, enquanto instrumentos, do ponto de vista metodológico e dos procedimentos, que orientaram as práticas efetivadas pelo grupo foi fundamental na: obtenção de programas de Ciências Naturais e de Física anteriormente ao seu desenvolvimento na sala de aula; formação de professores em serviço através da dinâmica da educação problematizadora e produção de material didático-instrucional (textos para aluno e professores) preparados anteriormente à sua utilização na sala de aula.

Deste modo, em função da necessidade e de nossos objetivos, a transposição da concepção freiriana que fizemos para as escolas públicas, trabalhando com o ensino escolar e desenvolvendo conhecimento universal sistematizado de Ciências da Natureza, selecionado a partir da investigação temática e redução temática, tem permitido uma interpretação de Paulo Freire que é distinta da de Libâneo e das práticas da "tendência progressista libertadora" exatamente porque a redução temática não é desprezada.

Há um outro aspecto distintamente interpretado ao se partir do referencial de cada um dos dois "paradigmas" que merece destaque nesta tradução. Trata-se daquele segundo o qual constituiria "invasão cultural" o desenvolvimento de

conhecimentos universais numa educação progressista, tendo como pressupostos o paradigma da concepção freiriana da educação, conforme relata Libâneo no item "Conteúdos de Ensino": *"A transmissão de conteúdos estruturados a partir de fora é considerada como 'invasão cultural' ou 'depósito de informação', porque não emerge do saber popular"* (Libâneo, 1987, p. 33).

Freire se refere à "invasão cultural" quando do desenvolvimento ("depósito" na sua expressão) de informações e conteúdos específicos. Portanto, é necessário que se faça uma discussão desse ponto.

Para a realização da redução temática, Freire prevê a programação de conhecimentos universais. Ainda que não empregue o termo explicitamente, estes são implicitamente considerados, senão como interpretar: "temas classificados em quadro geral de ciências"; "a visão mais específica ... num domínio ... das especializações"; "cada especialista ... dentro do seu campo ... equipe interdisciplinar"? Assim interpretado, como compatibilizar este posicionamento com aquele referente à "invasão cultural"?

Haverá nesta referência o significado de que a "invasão cultural" ocorre porque se trabalha pedagogicamente os conhecimentos universais? Neste caso haverá uma contradição interna na análise de Paulo Freire.

Ou a "invasão cultural" ocorre pela forma como se trabalha pedagogicamente os conhecimentos universais? E, neste caso, a investigação temática e a consequente redução temática oferecem uma opção para que não o seja, dando-lhe uma consistência interna.

Vejamus uma colocação de Freire em *Extensão ou Comunicação*, obra em que o educador aborda a "invasão cultural", numa citação relativamente extensa, mas necessária:

*"Finalmente, detenhamo-nos na afirmação segundo a qual é inviável o trabalho dialógico se seu conteúdo é um conhecimento de caráter científico ou técnico.*

*"Dizem sempre que não é possível o diálogo, não somente em torno de técnicas agrícolas com os camponeses, mas também nas escolas primárias - sobre, por exemplo, 4 x 4, que não pode ser 15. Que não é possível dialogar, igualmente, a propósito de H<sub>2</sub>O. ...*

*"Há, indiscutivelmente, um equívoco nestas dúvidas, que, como dissemos, quase são afirmações. E o equívoco resulta possivelmente, em muitos casos, da incompreensão do que é diálogo, do saber, de sua constituição.*

*"O que se pretende com o diálogo não é que o educando reconstitua todos os passos dados até hoje na elaboração do saber científico e técnico. Não é que o educando*

faça adivinhações ou que se entretenha num jogo puramente intelectualista de palavras vazias.

"O que se pretende com o diálogo, em qualquer hipótese, é a problematização do próprio conhecimento em sua indiscutível relação com a realidade concreta na qual se gera e sobre a qual incide, para melhor compreendê-la, explicá-la, transformá-la. ...

"Uma coisa é 4 x 4 na tabuada que deve ser memorizada; outra coisa é 4 x 4 traduzidos na experiência concreta: fazer quatro tijolos quatro vezes ...

"Do mesmo modo, concomitantemente com a demonstração experimental, no laboratório, da composição química da água, é necessário que o educando perceba, em termos críticos, o sentido do saber como uma busca permanente.

"É preciso que discuta o significado desse achado científico; a dimensão histórica do saber, sua inserção no tempo, sua instrumentabilidade. E tudo isso é tema de indagação, de diálogo ...

"O que defendemos é precisamente isto: se o conhecimento científico e a elaboração de um pensamento rigoroso não podem prescindir de sua matriz problematizadora, a apreensão deste conhecimento científico e do rigor deste pensamento filosófico não pode prescindir igualmente da problematização que deve ser feita em torno do próprio saber que o educando deve incorporar" (Freire, 1975 b, páginas 51-54; grifo meu).

Claramente, há valorização de conhecimentos universais e não só no sentido de que devam ser objeto de estudo nomeados num programa escolar. Nota-se que Freire, semelhantemente o Galileu, prioriza o entendimento dos fenômenos; e não apenas o que "está escrito". A "invasão cultural" ocorreria pela forma como os conteúdos são trabalhados pedagogicamente na "educação bancária" ou na "tendência liberal tradicional", na classificação de Libâneo. É a "educação bancária" o grande alvo de críticas de Paulo Freire, e não o desenvolvimento de conhecimentos universais.

Esse posicionamento de Freire frente aos conteúdos da educação pode ser cotejado com o seguinte de Snyders: *"Naturalmente, o conteúdo não será caricaturado sob a forma de alguns enunciados, alguns resultados, por muito exatos que sejam, que terão que ser engolidos como pastilhas ... É ambição de nossa (de Snyders) pedagogia que os alunos tenham acesso a conteúdos verdadeiros e que, ao mesmo tempo, os interessem e sejam sentidos como um auxílio no seu próprio esforço para viverem e para conhecerem. E, então, o professor há de parecer-lhes também uma instância auxiliadora e não uma potência hostil ... (Snyders, apud Libâneo, 1987, pp. 13-14; grifo meu).*

Freire não cita nem faz referência a Bachelard nas obras consultadas, mas é possível identificar, através da última citação que fiz dele, uma postura em relação à aquisição de conhecimento científico que coincide com a de Bachelard, qual seja: a "matriz problematizadora" do conhecimento científico e a "problematização do saber a ser incorporado pelo educando", conforme destaquei, em Bachelard, nas conclusões do capítulo II.

Adiante aprofundarei a discussão do processo "codificação-problematização-descodificação", onde rupturas entre o conhecimento vulgar e o conhecimento universal podem ser consideradas a partir da análise realizada por Freire, e onde se nota alguma semelhança na sua proposição pedagógica com a de Bachelard quando este se refere aos "erros iniciais" (erros epistemológicos) e à forma como trabalhá-los. Freire assim se refere ao processo de "codificação-problematização-descodificação": "os participantes do 'círculo de investigação temática' vão extrovejando, pela força catártica da metodologia, uma série de sentimentos, opiniões de si, do mundo e dos outros, que possivelmente não extrojeariam em circunstâncias diferentes" (Freire, 1975a, p. 133; grifo meu).

Ou seja, o processo "codificação-problematização-descodificação" pode se constituir numa "metodologia" de trabalho como a prescrita por Bachelard: "toda cultura científica deve começar, como explicamos extensamente, por uma catarse intelectual e afetiva ... depois ... colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente ..." (Bachelard, in Lecourt, 1977, p. 151; grifos meus).

Também Snyders, citando Bachelard, reconhece a necessidade da catarse: "não nos ateremos a uma simples transformação do conhecimento, é 'uma reforma do ser conhecedor que está em jogo', uma 'catharsis' que será simultaneamente intelectual e afetiva ... O simples bom senso, a observação comum constituem 'obstáculos' ao conhecimento e isso porque o erro é 'primário, normal, comum', responde a uma estrutura, possui consistência; essas ilusões correspondem a uma lógica, são 'solidárias' umas com as outras e portanto tenazes. Daí a necessidade de uma espécie de 'psicanálise' dos erros iniciais" (Snyders, 1988, p. 104).

"Erros iniciais" que precisam ser, mais do que apreendidos, "psicanalisados" pelo educador. Uma das possibilidades para a sua realização é o processo de "codificação-problematização-descodificação".

Minha interpretação é a seguinte:

- 1) ambos os educadores - Freire e Snyders - propõem uma postura crítica frente à **seleção e desenvolvimento de conteúdos**;
- 2) conteúdos não devem ser "depositados", segundo Freire, ou "engolidos como pastilhas", segundo Snyders;
- 3) conteúdos não precisam representar uma "invasão cultural", segundo Freire, ou o professor, ao desenvolvê-los, não precisa parecer uma "potência hostil", segundo Snyders.

Esta interpretação está em total desacordo com aquela segundo a qual o desenvolvimento de conhecimentos universais estruturados, selecionados a partir da investigação temática e da redução temática, constitua uma "invasão cultural".

Assim compreendidos, quero ressaltar a grande proximidade existente entre os "paradigmas" de Freire e de Snyders, quanto às posturas frente aos conteúdos escolares e ao seu desenvolvimento.

Encerro esta "tradução" citando Libâneo, que de certa forma propiciou essa "dialogicidade" tradutora: *"O saber escolar é entendido como o conjunto dos conhecimentos selecionados entre os bens culturais disponíveis, enquanto patrimônio coletivo da sociedade, em função de seus efeitos formativos e instrumentais. Longe de ser caracterizado como conjunto de informações a serem depositadas na cabeça do aluno, o saber escolar constitui-se em elemento de elevação cultural, base para a inserção crítica do aluno na prática social de vida"* (Libâneo, 1987, p. 13).

Com esta exposição fica claro que a proposta de trabalho contida na concepção problematizadora da educação satisfaz duas das características essenciais de um modelo didático-pedagógico, discutidas nas conclusões do capítulo II. A investigação temática e a redução temática são estratégias que direcionam a atividade educacional na busca de temas geradores e na construção de um conteúdo programático escolar extraído do "conhecimento universal".

As situações significativas sócio-historicamente determinadas, vividas pelo coletivo no seu cotidiano, serão obtidas com a investigação realizada pelo professor-educador (subentendido o coletivo de educadores da escola), a qual pode ser feita segundo as etapas descritas para a investigação temática. Por estarem imbricados com as contradições imediatas e mediatas da sociedade, os temas geradores devem ser



relacionados com as situações significativas vividas pelo coletivo e educandos no seu cotidiano.

Os dados da investigação obtidos pelos educadores, e se necessário com assessoria especializada, serão analisados na perspectiva de obter como localmente se "escondem" as contradições maiores da sociedade, através das situações objetivamente vividas pelos sujeitos no dia-a-dia. Portanto, a investigação é necessária para se localizar e abstrair tanto as situações significativas sócio-historicamente determinadas como a interpretação que lhes são dadas pelos sujeitos com a sua "cultura primeira". Entendida como produto e processo, isto é, envolvendo as concepções alternativas e o seu perfil epistemológico, essa "cultura primeira" deve ser problematizada (ou "psicanalisada") com vistas à sua superação, através de rupturas, ao se trabalhar (e não apenas introduzir ou apresentar) didático-pedagogicamente, via problematização, a "cultura elaborada", isto é, os paradigmas científicos na versão matriz disciplinar: generalizações simbólicas, exemplares, partes metafísicas e valores.

Durante a redução temática, após explicitação das situações significativas e obtenção dos temas geradores, o professor-investigador (no sentido coletivo do termo) *identificará e articulará os paradigmas do conhecimento científico que possibilitarão tanto as formulações dos problemas como as possíveis soluções, construindo assim a programação dos conteúdos escolares.*

No capítulo IV apresentarei alguns critérios usados para concepção e elaboração de programas e material instrucional de Ciências Naturais e Física. Nesta tarefa de organização e estabelecimento do programa é necessário garantir a visão de totalidade do conhecimento científico (que precisa estar presente na programação) através da inevitável (mas não deformada) fragmentação, e não compartimentação do conteúdo, para o aprofundamento desse conhecimento. Fragmentação e totalidade caracterizadas tanto pelo próprio processo de construção do conhecimento, conforme discutido através do modelo kuhniiano, quanto pela relação instrucional-educacional a ser estabelecida por ele (enquanto conteúdos escolares) e os problemas (recortes) a serem analisados.

### **III.3 - O CONHECIMENTO E SUAS RUPTURAS EM FREIRE**

A teoria do conhecimento que permeia a concepção freiriana é, ao invés de epistemológica, gnoseológica; portanto mais ampla, abrangente, e por isso mesmo menos específica enquanto análise do conhecimento científico, visto não ser apenas

este o objeto da concepção problematizadora da educação. Neste sentido foi necessário extrair e aprofundar o epistemológico contido no gnoseológico.

Os parâmetros para o aprofundamento epistemológico, partindo de algumas das categorias empregadas pelo modelo freiriano para a compreensão do gnoseológico, são fornecidos pelos modelos kuhniano e piagetiano, baseando-se no princípio que todos os três modelos admitem, qual seja: o conhecimento se origina na interação sujeito-objeto e na não-neutralidade do sujeito nem do objeto. Bachelard será, como o foi nas conclusões do capítulo II, o agente de ligação para esse aprofundamento.

O sujeito cognoscente freiriano é ontológico, isto é: um "ser concebido como tendo uma natureza comum que é inerente a todos e a cada um dos seres" (Aurélio, 14<sup>a</sup> edição), portanto uma categoria, mais do que psicológica, filosófica. O recorte psicológico cognitivo desse ontológico foi dado pelo modelo piagetiano, que pressupõe a universalidade das estruturas mentais, enquanto possibilidade de sua construção e constante adequação com descontinuidades. No pressuposto da "natureza comum dos seres" pode ser incluída, portanto, também o da universalidade das estruturas construídas com descontinuidades. Ademais, o recorte para a análise da formação da "estrutura teórica do pensamento científico" do sujeito ontológico de Freire e epistêmico de Piaget foi dado pelo modelo kuhniano, conforme análise e conclusões do capítulo II.

Aqui o pressuposto de análise do gnoseológico de Freire é semelhante ao epistemológico de Kuhn. Adiante terei a argumentar sobre isto; por enquanto, vejamos: gnose, do grego gnosís: "conhecimento, sabedoria. Conhecimento esotérico e perfeito da divindade, e que se transmite por tradição e mediante ritos de iniciação" (Aurélio, 14<sup>a</sup> edição).

Tradição e "ritos de iniciação" transmitidos e que são pressupostos e usados por Kuhn na sua análise da construção dos paradigmas e da formação dos cientistas, os quais por sua vez são rompidos, mas continuando ainda como outra "tradição" na ruptura entre os paradigmas.

Tradição e "ritos de iniciação" analisados por Freire sobre a construção de conhecimentos e a formação das consciências do sujeito. Tradição rompida, mas que continua ainda como outra "tradição", na ruptura entre as consciências "ingênua" e "crítica" do sujeito, via problematização dos conhecimentos.

Da proposição freiriana sobre a dialogicidade para a apreensão da "tradição" em que está imersa a cultura popular, o conhecimento vulgar ("cultura primeira") do educando, e também para a sua consequente problematização como possibilidade para a ruptura entre as consciências e da proposição de Kuhn para a tradução entre

paradigmas "incomensuráveis", resultou a dialogicidade tradutora como característica essencial do modelo didático-pedagógico que pode propiciar as rupturas entre a "tradição" (processo de construção) da "cultura primeira" (produto da construção) e a "tradição" (processo de construção) da "cultura elaborada" (produto da construção), ressaltando a não-dicotomização, o imbricamento entre processo-produto em cada caso, isto é, a não-dicotomização entre as respectivas tradição e cultura.

Ambas as tradições caracterizam a não-neutralidade do sujeito e suas consciências na interação com o objeto de cada um dos conhecimentos delas originados. Daí, também, a não-neutralidade do objeto construído. As tradições (distintas) impõem a premissa de que todo observável está impregnado de teoria (Hanson, 1985). A "cultura primeira", e a consciência que dela se origina, "observa", segundo seus próprios critérios, oriundos da experiência cotidiana acumulada pelas ações e procedimentos coletivizados; já a "cultura elaborada", e a consciência que dela se origina, "observa" segundo os critérios oriundos da experimentação acumulada pelas ações e procedimentos específicos coletivizados, fornecidos e estruturados pela construção dos paradigmas. Tanto em Kuhn quanto em Freire é o caráter coletivo da produção de conhecimentos, com características próprias de cada uma das produções, o objeto de análise, um pela via epistemológica e sociológica do conhecimento científico, outro pela via gnoseológica e antropológica dos conhecimentos. Ambos empregando categorias de análises próprias, consideram rupturas na construção/aquisição de conhecimentos.

Portanto, deve-se considerar também um caráter elaborado na "cultura primeira" do educando. Elaborado a partir de um "referencial", cujos valores e metafísica são distintos dos do "referencial" em que a "cultura elaborada" é elaborada. Não pretendo empregar juízos de valor para enquadrar cada uma dessas culturas. Compreendo que esta discussão é estéril. A necessidade de a "cultura elaborada", mas não só ela, ser trabalhada na educação escolar já foi defendida amplamente nesta tese e, como historiei, foi o ponto de partida da minha prática-reflexão docente. O que importa no momento é enfatizar o construtivismo (a elaboração) de ambas as culturas.

Tanto em Snyders como em Bachelard esse construtivismo é também considerado. A categoria "cultura primeira" de Snyders não deve, portanto, ser entendida como não-elaborada. Ela não é assim conceituada, nem entendida por Snyders. Particularmente a relacionada com conceituações científicas é elaborada, segundo este educador, por outros critérios, tanto que o "erro inicial" (erro epistemológico) cometido ao usá-la numa interpretação do objeto tem "uma estrutura, possui consistência, uma lógica" (Snyders, 1988, p. 104), por isso a necessidade da sua

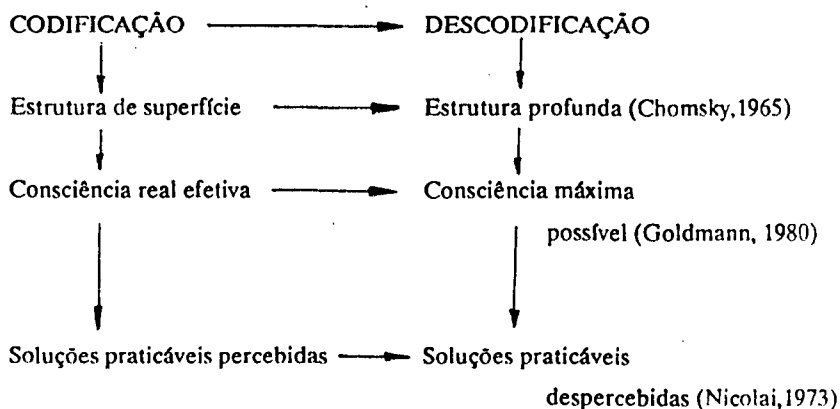
"psicanálise". Compreendo que Snyders propõe a "psicanálise" dos erros para romper, como prescreve Bachelard, com sua estrutura e consistência, questionar sua lógica, pois são "tenazes" (Snyders, 1988, p. 104) que prendem o sujeito no seu "referencial" de construção de conhecimentos.

A estrutura, a consistência e a lógica, as "tenazes" de Snyders, podem ser identificadas, na categoria empregada por Freire, como a "consciência ingênua" dos sujeitos a ser rompida com a formação da suas "consciências críticas", via problematização e aquisição de conhecimentos, a partir da dialogicidade tradutora a ser estabelecida em torno de situações significativas e temas geradores.

Em Pedagogia do Oprimido Freire passa a considerar as "consciência real efetiva" e "consciência máxima possível", de Goldmann (1980), ao invés das consciências "ingênua" e "crítica", como categorias auxiliares para a compreensão e análise dos "saberes" dos educandos, procurando fundamentar o processo de "codificação-problematização-descodificação". Este processo atende a algumas das características essenciais discutidas nas conclusões do capítulo II para um modelo didático-pedagógico que pode propiciar rupturas.

Basicamente são seis as categorias que permitem estruturar o processo. Apresento-as, inicialmente, num esquema que tem a finalidade de mostrar a articulação das suas partes com todo. Na sequência procurarei aprofundá-las, relacionando-as com o que até o momento foi exposto.

### PROBLEMATIZAÇÃO



A estruturação e compreensão deste esquema podem ser cotejadas com as seguintes análises realizadas por Freire:

*"A aproximação preliminar à 'estrutura de superfície' é seguida pela problematização da situação codificada, com que se chega ao segundo e fundamental momento da descodificação.*

*"É neste momento que se pode alcançar a compreensão da 'estrutura profunda' da codificação, que abre possibilidades à análise crítica em torno da realidade codificada" (Freire, 1976, p. 52).*

*"Uma 'situação-limite', como realidade concreta, pode provocar em indivíduos de áreas diferentes e até subáreas de uma mesma área, temas e tarefas opostos, que exigem, portanto, diversificações programáticas para o seu desvelamento.*

*"Daí que a preocupação básica dos investigadores deva centrar-se no conhecimento do que Goldmann chama de 'consciência real' (efetiva) e 'consciência máxima possível'.*

*"... ao nível da 'consciência real', os homens se encontram limitados na possibilidade de perceber mais além das 'situações-limites', o que chamamos de 'inédito viável'. A 'consciência possível' parece poder identificar-se com o que Nicolai chama de 'soluções praticáveis despercebidas' (nosso inédito viável), em oposição às 'soluções percebidas' e às 'soluções efetivamente realizadas' que correspondem à 'consciência real' (ou efetiva) de Goldmann" (Freire, 1975a pp. 126-127; grifo meu).*

Em que pese a densidade da análise extraída de Freire para estabelecer as relações e comparações entre as categorias apresentadas no esquema acima, pode ser notada neste uma síntese da estrutura das relações expressas pelo educador na concepção do processo "codificação-problematização-descodificação".

É estabelecida, nessas relações, uma representação da realidade que envolve o tripé "aparência do fenômeno + ideologia + língua" em interação e que atua no sentido da percepção do sujeito da representação que ele faz da realidade, enquanto objeto construído.

O processo "codificação-problematização-descodificação" permite a explicitação e a conseqüente apreensão dessa percepção. A intenção é promover um distanciamento crítico do sujeito - a sua emersão - com o objetivo de fazê-lo expressar a sua percepção, que será então problematizada.

A presença do fenômeno ou situação significativa, como objeto não-neutro e que é construído como fruto da interação do sujeito não-neutro no sentido da sua formação histórica e imerso numa ideologia e numa linguagem, será a mesma para os distintos sujeitos do processo educativo, quer educandos, quer educadores. Uma pedra

que cai, um trabalhador assentando tijolos, um professor à frente da classe, a descrição das posições do Sol no céu, as fases da Lua, as palavras "conteúdo escolar" impressas, enfim, são situações significativas apresentadas em forma de codificações. Usam-se normalmente vários canais de comunicação (Freire, 1975, p. 137): oral, visual, etc. para apresentar situações codificadas.

O trípé "aparência do fenômeno + ideologia + língua", no entanto, origina distintas interpretações a respeito do fenômeno e/ou situação. No modelo abstraído a partir da concepção de Freire a preocupação está em apreender o objeto construído a partir do fenômeno ou situação significativa que é apresentado na codificação, como também as "ideologias" e "linguagens" com que são construídos coletiva e historicamente os objetos, as "ideologias" e as "linguagens".

O que se propõe e se pretende com o processo é:

1º a apreensão pelo educador do objeto construído pelo sujeito, enquanto sua interpretação do fenômeno ou situação significativa, oriunda da imersão no cotidiano, e que envolve "ideologias e linguagens", que deverão também ser apreendidas e problematizadas;

2º a apreensão pelo educando, via problematização, do objeto construído por uma interpretação científica do fenômeno, oriunda da produção de conhecimentos científicos e que igualmente envolve "ideologias e linguagens".

No modelo kuhniano significam a apreensão do paradigma na versão matriz disciplinar: as generalizações simbólicas e exemplares (linguagem); as partes metafísicas e valores (ideologia).

Freire, ao considerar os aspectos linguísticos e fundamentando-se em Chomsky, associa à primeira abordagem, ao primeiro exame da codificação por parte do educando, a categoria "estrutura de superfície" do código que é apresentado. A expressão do observado no código e que tem um significado na vida cotidiana do educando, oriunda da sua experiência acumulada, representaria a "estrutura de superfície"; aquilo de mais aparente e explícito, de mais imediato, se apresenta na codificação.

Esses pronunciamentos do educando refletiriam a sua "consciência real efetiva" da situação codificada. A "consciência real efetiva" não é interpretada como a de um particular educando que se pronuncia, mas sim uma consciência de classe (Golmann, 1980). Freire, ao empregar a categoria, utiliza-a para analisar o

comportamento e o pensar do conjunto dos educandos frente a uma situação significativa que é vivida e apreendida segundo o seu próprio "referencial" na construção de conhecimentos. Comportamento e "pensar" a serem explicitados e obtidos no processo dialógico e problematizador que se mantém em torno do código apresentado.

Esse caráter gnoseológico, isto é, o conhecimento obtido na imersão em certa tradição, da análise de Freire evidencia que a sua consideração psicológica está baseada mais propriamente na psicologia social, o que não implica em um abandono da psicologia cognitiva, mas sim em correlacionar os dados da psicologia social com os da cognitiva. Também a dimensão do conhecimento enquanto conceito antropológico de cultura está implícito no caráter gnoseológico desta sua análise.

Através do processo "codificação-problematização-descodificação" é possível, então, relacionar a "consciência real efetiva" e um procedimento para a sua superação; isto é, para se atingir a "consciência máxima possível", que propiciaria o afloramento da "estrutura profunda" da codificação.

Nesse processo poderão acontecer transformações na percepção da realidade, ocorrendo um salto qualitativo quando às "soluções praticáveis percebidas" forem incorporadas também as "soluções praticáveis despercebidas". É a perspectiva de uma atuação visando mudanças político-sociais que está implicitamente considerada, dado o caráter de formação de consciência que o modelo se propõe a estabelecer.

No entanto, para além dessa perspectiva, que é uma das almeçadas por uma educação progressista e transformadora, é possível articular o modelo de tal forma a poder usá-lo como instrumento em situações mais específicas, como é o processo de ensino-aprendizagem das Ciências Naturais, particularmente o da Física, quando tanto as formulações dos problemas para as situações significativas como as suas soluções forem introduzidas pelos paradigmas, representando as "soluções praticáveis despercebidas". Ou seja, a especificidade da ruptura que precisa ocorrer entre as concepções alternativas do aluno e a sua apreensão do paradigma contribui para a ruptura entre as consciências "real efetiva" e "máxima possível", bem como entre as soluções "percebidas" e "despercebidas".

Na atuação em sala de aula o educador já terá identificado, através da investigação temática e da redução temática, tanto as situações significativas envolvidas nos temas geradores como os paradigmas necessários para as formulações e soluções dos problemas.

A investigação temática, que também desenvolveu-se via processo de "codificação-problematização-descodificação" fornece elementos de compreensão

para o educador da "consciência real efetiva" dos sujeitos envolvidos na ação educativa. Permite, portanto, estruturar previamente também os pontos mais relevantes a serem problematizados durante a "codificação-problematização-descodificação" na sala de aula com seus alunos, no sentido de aprofundar a explicitação pelos alunos da interpretação que está sendo dada para a situação significativa.

É a apreensão e compreensão, pelo educador, da "consciência real efetiva" dos alunos que estará ocorrendo, com vistas à sua problematização, da maneira como propus nas conclusões do capítulo II. Os valores e a metafísica do processo de construção do conhecimento via "consciência real efetiva" e "soluções percebidas" podem emergir e serem problematizados.

As linguagens empregadas pelos alunos também poderão ser apreendidas, possibilitando ao professor a sua compreensão. O perfil epistemológico do conhecimento construído pelo aluno estará, portanto, sendo constituído, possibilitando a sua problematização ou, na proposição de Bachelard-Snyders, a sua psicanálise.

Além da consideração e introdução do paradigma kuhniano no modelo originalmente abstraído da análise de Freire, será necessário considerar os aspectos relativos às linguagens. Neste sentido, dois pontos precisam ser abordados.

O primeiro é que a apreensão do paradigma envolve uma conceituação precisa e, conseqüentemente, uma linguagem própria - construída no processo de produção das Ciências Naturais - que não se limitam apenas à Linguística. Se Freire é mais abrangente ao usar o pressuposto gnoseológico, ao invés do epistemológico, aqui a análise é mais específica em relação às linguagens, desde que emprega as categorias linguísticas de "estrutura de superfície" e "estrutura profunda", numa interpretação de Chomsky.

Se considerarmos a historicidade dessa análise de Freire, é compreensível a sua preocupação mais específica com a Linguística: o problema por ele enfrentado originalmente referia-se à alfabetização de adultos. Da mesma forma que o problema aqui é a educação em Ciências, usei os paradigmas de Kuhn que fornecem uma estrutura para o conhecimento científico, portanto mais especificamente adequado ao modelo. Ainda que não seja da minha competência o ensino de disciplinas fora do escopo das Ciências Naturais, parece que o critério de se usar as estruturas específicas dos vários conhecimentos pode ser extrapolado para outras disciplinas desenvolvidas na educação escolar, isto é, introduzir no modelo as suas respectivas estruturas, de modo a articulá-las com as outras categorias do modelo. Ficam contudo, a minha dúvida e a minha sugestão dessa possibilidade.

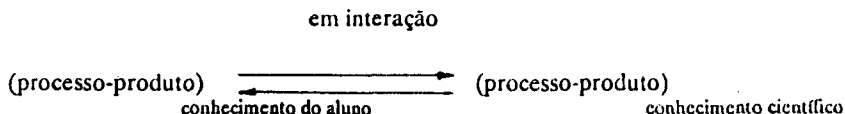


O segundo ponto está relacionado à consistência interna da análise que estou realizando. Chomsky tem como pressuposto o "inatismo" (pré-formação) no modelo linguístico para a aquisição da linguagem. O modelo piagetiano que usei na articulação com o kuhniano, para analisar o problema das rupturas, apesar das ressalvas feitas nas conclusões do capítulo II, foi útil para o aprofundamento da compreensão do problema e é meu pressuposto enquanto modelo para as estruturas mentais. A teoria de Piaget descarta o inatismo como possibilidade (Palmarini, 1983).

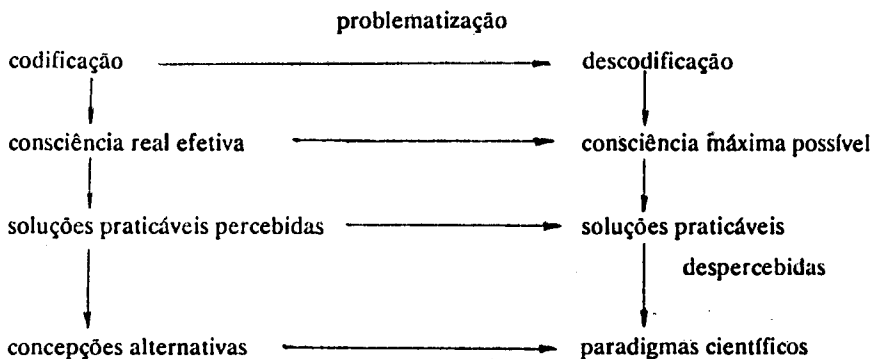
Deste modo, outra alteração no modelo originalmente abstraído da análise de Freire será feita. Agora, ao invés de acrescentar outra variável, como foi o caso anterior com a introdução do paradigma kuhniano, é necessária a exclusão das categorias chomskyanas, devido à sua incompatibilidade com a teoria de Piaget, do modelo didático-pedagógico específico para o ensino-aprendizagem das Ciências da Natureza no 1º e 2º graus.

Na sequência aprofundarei outros aspectos do modelo, que, apesar das duas modificações realizadas a partir do originalmente exposto, permite uma articulação entre este que está sendo construído e o anterior.

Temos:



que serão trabalhados no processo educativo segundo o modelo didático-pedagógico da "codificação-problematização-descodificação", empregado tanto durante a investigação temática, quando os temas geradores, as situações significativas e os paradigmas estarão sendo explicitados, como durante as atividades nas salas de aula:



Na tentativa que fiz da tradução entre os "paradigmas" de Snyders e Freire, ressaltai que o processo "codificação-problematização-descodificação" oferecia a possibilidade de se promover tanto a catarse quanto a psicanálise dos "erros iniciais" que Snyders, fundamentando-se em Bachelard, propõe como meio de se superar os obstáculos epistemológicos contidos no conhecimento vulgar, visando a ruptura entre a "cultura primeira" e a "cultura elaborada". Esta proposta do processo de "codificação-problematização-descodificação" tem por finalidade a psicanálise da primeira e a introdução da segunda.

Ressaltei, também, que, embora Freire não cite Bachelard, sua postura em relação à aquisição de conhecimento científico coincide com a de Bachelard, na medida em que ambos enfatizam a "matriz problematizadora" do conhecimento e a problematização do conhecimento a ser apreendido pelo aluno. Ao introduzir Bachelard para as conclusões do capítulo II, abordei o problema das distintas linguagens envolvidas, a que ele se refere, em um conceito designado e a sua relação com o perfil epistemológico e os obstáculos epistemológicos. Afirmei, também, a semelhança na consideração das rupturas por ambos, Freire e Bachelard.

Podemos localizar e entender a semelhança ao nos determos no conceito de consciência real: "*A consciência real resulta de múltiplos obstáculos e desvios que os diferentes fatores da realidade empírica impõem e infligem à realização dessa consciência possível*" (Goldmann, 1980, p. 99; grifo meu).

Freire, ao introduzir e usar a categoria "consciência real" no livro *Pedagogia do Oprimido*, faz esta citação de Goldmann (Freire, 1975, p. 126).

É a superação pedagógica dos obstáculos que Freire explora na sua obra e concepção de educação. O conteúdo empírico do conhecimento do educando, oriundo

da sua vivência no cotidiano, isto é, a sua experiência nas relações com a natureza e com os homens (Freire, 1975, p. 108), portanto, a sua apreensão do cotidiano coletivamente acumulada, é, ao mesmo tempo que valorizada por Freire, analisada como uma "limitação na possibilidade de perceber mais além" (Freire, 1975, p. 126).

Daí a sua ênfase na problematização desses conhecimentos, ao estarem sendo obtidos pelo professor antes da introdução do conhecimento universal que possibilita a superação da "consciência real efetiva", via rupturas, para se adquirir a "consciência máxima possível". Daí a proposta da investigação temática e a sua necessidade para uma educação problematizadora. Mas também educação dialógica, que permita não só a apreensão e problematização do conhecimento do aluno, mas também a introdução, pelo professor, do conhecimento universal que foi identificado e estruturado em unidades didaticamente sequenciadas durante a redução temática. Conhecimento universal esse que deverá ser veiculado nas aulas através do processo "codificação-problematização-descodificação":

*"Promovendo a percepção da percepção anterior e o conhecimento do conhecimento anterior, a descodificação, desta forma, promove o surgimento de nova percepção e o desenvolvimento de novo conhecimento" (Freire, 1975a, p. 129; grifo meu).*

Será dialógica, problematizadora e progressista uma prática educacional que não desenvolva um novo conhecimento? Conhecimento que permita a emersão do educando de sua situação e a possibilidade de uma análise distanciada e sistematizada.

A proposta, em Freire, de se dialogar com o educando não pode se reduzir, portanto, ao monólogo em torno apenas do conhecimento vulgar que se faz na "conversa" entre professor e alunos sobre as situações significativas e temas geradores. Isto é também antidialógico, no mesmo sentido que o é a educação bancária ao promover o monólogo em torno apenas do conteúdo escolar.

Não é isto o que se propõe com a concepção problematizadora e dialógica da educação.

É preciso compreender que, mais do que diálogo entre educador e educando, Freire está propondo o diálogo entre os conhecimentos dos sujeitos do processo educativo. Foi com este sentido que o autor introduz as categorias "educador-educando" referindo-se ao professor e "educando-educador" referindo-se ao aluno. Através do educando, o professor apreende o conhecimento vulgar para poder problematizá-lo, promover o distanciamento crítico do educando desse conhecimento, propiciar as rupturas. Através do educador, o aluno apreende um conhecimento

específico universal introduzido pela formulação dos problemas e respectivas soluções para as situações significativas, portanto, também via problematização.

Bachelard, como cientista e filósofo, pensando a Ciência e sua história, abstrai rupturas no seu processo de produção que ocorrem na superação dos obstáculos e os denomina epistemológicos. Ao analisar a formação do pensamento científico pelo aluno, considera as rupturas no processo dessa formação que precisam ocorrer para a superação dos obstáculos, oriundos da produção do conhecimento, e os denomina pedagógicos.

Freire, como educador, pensando a educação e o processo de produção de conhecimentos, abstrai as rupturas que devem ocorrer no processo educativo quando e se os obstáculos forem superados. Na obra desse educador há uma concepção pedagógica para a superação dos obstáculos.

Ao se fazer o recorte da especificidade do processo de ensino-aprendizagem das Ciências Naturais, as considerações para a superação pedagógica dos obstáculos para se romperem os obstáculos pedagógicos necessitam dos próprios obstáculos epistemológicos e rupturas analisados por Bachelard. Foi através destes últimos - obstáculos e rupturas - que nas conclusões do capítulo II articulei as análises dos capítulos I e II sobre os modelos kuhniano e piagetiano para a produção do conhecimento científico e as características essenciais de um modelo didático-pedagógico que propõem rupturas para a apreensão desse conhecimento durante o seu ensino-aprendizagem no 1º e 2º graus.

Acabo de argumentar que a concepção freiriana da educação contém esse modelo.

Para aprofundar o epistemológico extraído da obra de Freire, através da articulação com as rupturas e os obstáculos epistemológicos ocorridos na produção de conhecimentos científicos, segundo Bachelard, pretendo, agora, fazer algumas considerações de modo a localizar Kuhn no modelo didático-pedagógico e as rupturas por ele consideradas durante as revoluções científicas. São os paradigmas que estou introduzindo no modelo didático-pedagógico. Foram os paradigmas e as rupturas entre paradigmas que balizaram as análises dos capítulos I e II.

Kuhn, baseando-se em dados historiográficos, parte da consideração de que, na produção de conhecimentos científicos:

*"A aquisição cumulativa de novidades não- antecipadas demonstra ser uma exceção quase inexistente à regra do desenvolvimento científico. Aquele que leva a sério o futo histórico deve suspeitar de que a ciência não tende ao ideal sugerido pela imagem que*

*temos de seu caráter cumulativo. Talvez ela seja uma outra espécie de empreendimento” (Kuhn, 1975, p. 130).*

E explicita as rupturas dessa produção: *“consideramos revoluções científicas aqueles episódios de desenvolvimento não-cumulativo, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior” (Kuhn, 1975, p. 125).*

O modelo didático-pedagógico para a “codificação-problematização-descodificação” parte de uma proposição para a conscientização política empregada para a análise das consciências dos sujeitos e as suas relações com as transformações na sociedade - através das consciência real e possível - aplicando-a à educação em Ciências com a introdução dos paradigmas.

Kuhn tenta uma aproximação inversa, na sua análise, fazendo um paralelismo entre as revoluções científicas e as políticas (Kuhn, 1975, pp. 127 e seguintes). Nesse paralelismo o autor ressalta o aspecto coletivo necessário à mudança de paradigmas e a sua aceitação pela comunidade, transcendendo a mera aceitação das generalizações simbólicas e exemplares, dado que eles estão compartilhados (imersos) com as partes metafísicas e valores da sua produção.

Ao longo do capítulo II pude explorar esse aspecto, abordando o nascimento da Ciência Moderna. Galileu introduziu não só generalizações simbólicas através dos exemplares, para uma interpretação dos movimentos que ocorrem na Terra, como também introduziu outros valores e outra concepção filosófica (parte metafísica) para a proposição das leis matemáticas para o movimento (generalização simbólica).

A discussão contemporânea quanto ao determinismo e indeterminismo, oriunda da construção da Mecânica quântica, mostra que, apesar do tratamento teórico de problemas físicos na escala microscópica ter como pilares a hamiltoniana do sistema, a função de onda e o princípio de incerteza (generalizações simbólicas e exemplares), como instrumentos de solução dos problemas, não implica na aceitação, pela comunidade de físicos, do indeterminismo propugnado pela escola de Copenhague, que introduz novos valores e nova concepção filosófica, conforme abordei no capítulo I.

Ou seja, há uma significativa parcela da comunidade de físicos não convencida do indeterminismo postulado por uma interpretação da Mecânica quântica, como é o caso de Einstein e Schroedinger que contribuíram para o seu nascimento nos anos iniciais deste século e David Bohm na atualidade, entre outros.

O caráter coletivo da aceitação do paradigma e o paralelismo que Kuhn faz com as revoluções políticas são os seguinte:

*"Na escolha de um paradigma - como nas revoluções políticas - não existe critério superior ao consentimento da comunidade relevante. Para descobrir como as revoluções científicas são produzidas, teremos, portanto, que examinar não apenas o impacto da natureza e da lógica, mas igualmente as técnicas de argumentação persuasiva que são eficazes no interior dos grupos muito especiais que constituem a comunidade dos cientistas" (Kuhn, 1975, p. 128; grigo meu).*

Argumentando:

*"Tanto no desenvolvimento político como no científico, o sentimento de funcionamento defeituoso, que pode levar à crise, é um pré-requisito para a revolução ... As revoluções científicas precisam parecer revolucionárias somente para aqueles cujos paradigmas sejam afetados por ela" (Kuhn, 1975, p. 126).*

Ainda que essa posição de Kuhn não esteja de acordo com muitos cientistas e epistemólogos, é uma interpretação não descartada pela totalidade da comunidade, tendo também os seus adeptos e possuindo consistência histórica, pelo menos, nas mudanças de paradigmas.

No momento, o que me interessa é articular as análises de Kuhn com aquelas abstradas do processo de "codificação-problematização-descodificação". Assim, comparemos a citação anterior de Kuhn com uma análise feita por Goldmann ao usar as categorias "consciências real e máxima".

Neste exemplo, Goldmann as usa ao se referir à não-coletivização das terras agrícolas no início da revolução soviética de 1917, que levou revolucionários russos a mudar sua posição socialista tradicional de que o socialismo devia se opor à propriedade individual da terra a favor da exploração coletiva ou estatal:

*"O problema ... é saber ... quais são as mudanças suscetíveis de serem introduzidas em sua (do grupo) consciência sem que haja modificação na natureza essencial do grupo.*

*"As informações transmitidas aos camponeses e por eles recebidas, relativas à estrutura social da Rússia e às possibilidades de modificá-la, transformaram, de fato, em alguns meses, a consciência daqueles camponeses" (Goldmann, s.d., p. 40).*

No entanto, quanto à coletivização de terras, Goldmann argumenta:

*"Foi quando surgiu Lênin ... e explicou que era possível os camponeses compreenderem algumas palavras de ordem socialistas, mas de forma alguma entenderiam as vantagens de uma exploração de vulto ou se convenceriam de que deveriam renunciar à propriedade privada da terra. Por mais fiéis que fossem ao Tzar, era possível transmitir-lhes uma série de informações capazes de modificar sua consciência, mas havia uma informação que era impossível fazê-los assimilar: a de que mais valia o trabalho em cooperativa que possuir pessoalmente a terra.*

*"E, apesar da indignação de inúmeros socialistas, entre os quais Rosa Luxemburgo, Lênin formulou uma nova palavra de ordem totalmente inesperada: a terra aos camponeses.*

*"É um exemplo clássico de uma análise sociológica fundamentada no conceito de consciência possível" (Goldmann, s.d., p. 41).*

O problema que envolve essa análise de Goldmann, ao considerar as consciências e sua formação, refere-se às informações a serem veiculadas. Ao empregá-la mais especificamente no tratamento de conhecimentos oriundos da produção de conhecimentos científicos, é a seguinte a sua interpretação:

*"De fato, é importante, para quem quiser intervir na vida social, saber quais são, em um determinado estado e determinada situação, as informações que podemos transmitir ... (pois) a situação, hoje, é essencialmente diversa para a elaboração e transmissão de informações que se referem à natureza físico-química, ou mesmo biológica, e para a de outras referentes à vida psicológica, social e moral. No primeiro caso, realmente, o desejo de dominar a natureza constitui um elemento universal, que estrutura o conjunto do processo intelectual de quase todos os grupos sociais ... As dificuldades de transmissão de mensagens neste setor são mais do tipo que classificamos ... (em) um degrau, já sociológico, mas ainda periférico, em que um determinado grupo social de indivíduos, em virtude da estrutura de sua consciência real, resultante de seu passado e de múltiplos acontecimentos que sobre ela agiram, resiste à passagem de certas informações" (Goldmann, s.d., pp. 41-42; grifo meu).*

Em perfeita sintonia com a posição de Bachelard, conforme destaquei anteriormente, e agora também com Kuhn, conforme estou tentando argumentar. O surpreendente nessa sintonia, pelo menos para mim, está em que das obras lidas de Kuhn e das lidas de Goldmann não se encontrou a mínima referência de um ao outro, nem tampouco de ambos a Bachelard.

A citação anterior de Goldmann pode ser relacionada com as análises que têm sido feitas por pesquisadores das concepções alternativas dos alunos e que, parece, confirmam a sua análise. Mas, antes de abordar este ponto, quero destacar como ela é usada por Goldmann para interpretar a própria produção do conhecimento por cientistas, chamando a atenção para a sintonia com a análise que Kuhn faz quando ocorre mudança de paradigma. Na sequência da citação anterior é a seguinte argumentação de Goldmann ao se referir que o grupo social de indivíduos, em virtude da sua consciência real, resiste à passagem de certas informações:

*"Por exemplo, o caso de pesquisadores pertencentes a uma escola de Ciências e presos a uma tese por eles defendida e que se recusam a tomar conhecimento de tal ou qual teoria nova que repõe em questão todos os seus trabalhos anteriores. Creio, porém, que este grupo de pesquisadores poderá continuar a existir, como grupo mesmo, se for levado a adquirir consciência do valor relativo de suas teorias. E, no final, pode vir mesmo a integrar a teoria nova" (Goldmann, s.d., p. 42; grifo meu).*

Os resultados das investigações das concepções alternativas dos alunos, conforme adiantei, parecem confirmar a análise de Goldmann, se a usarmos para uma interpretação dessas concepções alternativas e da sua relação com os conhecimentos científicos a serem desenvolvidos durante o processo educativo.

É a seguinte a posição de alguns dos pesquisadores que investigam as concepções alternativas dos alunos sobre os conceitos científicos, particularmente os da Física:

*"Trata-se, nessas pesquisas, de levantar e articular aquelas noções 'espontâneas' preexistentes e independentes do ensino formal que os alunos revelam, ao serem, de alguma forma, questionados e que, de fato, constituem uma estrutura conceitual paralela àquela ensinada - estrutura muitas vezes capaz de sobreviver ao ensino" (Villani, 1982).*

Mas adiante:

*"Se não se cuidar adequadamente da 'física espontânea' dos alunos sobrarão duas estruturas superpostas, entre as quais os alunos escolherão uma dependendo do contexto; em geral, quando o problema envolver muitos elementos formais, usarão a aprendizagem formal; quando o problema envolver elementos do dia-a-dia e com características bem figurativas ou capazes de estimular a percepção, usarão o esquema espontâneo" (Villani, 1982).*



Como consequência, o tratamento didático-pedagógico que tem sido sugerido por alguns desses pesquisadores das concepções alternativas é o seguinte:

*"Quanto à forma através da qual estas noções poderiam ser exploradas é ressaltado que: '... as idéias espontâneas em geral têm capacidade explicativa limitada, e por isso elas podem ser questionadas diretamente e facilmente, levando até às últimas consequências suas previsões em física ...' A maioria dos pesquisadores na área parece estar de acordo quanto à validade de se estabelecer alguma forma de conflito entre predições dos alunos e resultados experimentais". (Zylbersztajn, 1983).*

Em função do que tenho exposto, não creio que as concepções alternativas dos alunos possam ser questionadas tão 'diretamente e facilmente'. No entanto, é a visão do processo e a proposta desses pesquisadores que desejo ressaltar:

*"Alunos, do mesmo modo que cientistas, trazem para as aulas de ciências algumas idéias ou crenças já formuladas. Estas crenças afetam as observações que eles fazem bem como as inferências daí derivadas. Alunos, do mesmo modo que cientistas, constroem uma visão do mundo que os capacita a lidarem com situações. Transformar esta visão não é tão simples quanto fornecer aos alunos experiências adicionais ou dados sensoriais. Envolve também ajudá-los a reconstruir as suas teorias ou crenças, a experimentar, por assim dizer, as evoluções paradigmáticas que ocorrem na história da ciência" (Driver, apud Zylbersztajn, 1983; grifo meu).*

Essas conclusões e o tratamento das concepções alternativas, apresentadas por investigadores, consubstanciam mais especificamente a proposta de trabalho contida no modelo didático-pedagógico da "codificação-problematização-descodificação". É o tripé "aparência do fenômeno + ideologia + língua" que, implicitamente, também está sendo considerado e o seu trabalho didático-pedagógico nessas conclusões e propostas. Conforme argumentei a partir do que abstrai de Freire, esse tripé constitui uma representação da realidade construída pelo educando através da sua percepção, fruto da inserção no seu contexto de relações com a natureza e com os homens.

Kuhn analisa o problema da percepção e o da Gestalt na sua obra, relacionando-os tanto com a construção histórica dos paradigmas como com a sua apreensão pelos sujeitos. Argumentei nas conclusões do capítulo II que, embora o seu modelo explicativo seja contestado por Piaget e Garcia, a descrição que Kuhn faz é consistente com o modelo piagetiano.

Esse autor, ao se ater às descobertas via anomalias - isto é, fenômenos não enquadrados (previstos) num paradigma e que originam outro paradigma - com o processo da percepção e Gestalt, usa um experimento de Bruner e Postman (Kuhn, 1975, p.89) a partir do qual explora as características das descobertas científicas via anomalias:

*"Essas características incluem: a consciência prévia da anomalia, a emergência gradual e simultânea de um reconhecimento tanto no plano conceitual como no plano da observação e a conseqüente mudança das categorias e procedimentos paradigmáticos - mudança muitas vezes acompanhada por resistência. Existe inclusive provas de que essas mesmas características fazem parte da natureza do próprio processo perceptivo. Numa experiência psicológica que merece ser melhor conhecida fora de seu campo original ..."* (Kuhn, 1975, p. 897; grifo meu).

Kuhn se refere ao experimento de Bruner e Postman, que consistiu em identificar uma série de cartas de baralho após a sua apresentação para os sujeitos experimentais. Muitas cartas eram normais, mas algumas tinham sido modificadas, como, por exemplo, um seis de espadas vermelho e um quatro de copas preto, portanto, cartas anômalas, não enquadradas no "padrão" das cartas do baralho.

Kuhn (1975, pp.89 e seguintes) descreve esse experimento com algum detalhe, comentando-o. Devido ao arranjo das cartas, as anômalas eram quase sempre identificadas como cartas normais, isto é, a carta impressa com quatro corações pretos (quatro de "copas" preto) era identificada como "carta quatro de copas" ou "quatro de espadas". Kuhn argumenta que os sujeitos sem a consciência da anomalia a adaptavam às categorias conceituais preparadas previamente pelo experimento. Com um tempo maior de exposição às cartas, os sujeitos passavam, então, a hesitar na identificação. por exemplo, frente a um seis de espadas vermelho, alguns diziam ser um seis de espadas, "mas há algo errado com ele".

Kuhn relata que, submetidos a exposições mais longas, os sujeitos tiveram maiores hesitações e confusões, até que, finalmente, "algumas vezes de modo repentino", a maioria passou a identificar corretamente e sem hesitação as cartas anômalas. No entanto, mais de dez por cento dos sujeitos não foram capazes de fazê-lo, "mesmo com um tempo médio de exposição quarenta vezes superior ao que era exigido para reconhecer as cartas normais". Ou seja, não foram capazes de realizar a adaptação de suas categorias que era necessária (Kuhn, 1975, p. 90).

Kuhn argumenta:

*"Seja como metáfora, seja porque reflita a natureza da mente, essa experiência psicológica proporciona um esquema maravilhosamente simples e convincente do processo de descoberta científica. Na ciência, assim como na experiência com as cartas do baralho, a novidade somente emerge com dificuldades (dificuldade que se manifesta através de uma resistência) contra um pano de fundo fornecido pelas expectativas. Inicialmente experimentamos somente o que é habitual e previsto, mesmo em circunstâncias nas quais mais tarde se observará uma anomalia. Contudo, uma maior familiaridade dá origem à consciência de uma anomalia ou permite relacionar o fato a algo que anteriormente não ocorreu conforme o previsto. Essa consciência da anomalia inaugura um período no qual as categorias conceituais são adaptadas até que o que inicialmente era considerado anômalo se converta no previsto. Nesse momento completa-se a descoberta. Já insisti anteriormente sobre o fato de que esse processo (ou um muito semelhante) intervêm na emergência de todas as novidades científicas fundamentais" (Kuhn, 1975, pp. 89-90, grifos meus).*

Kuhn prossegue, nas páginas seguintes, fornecendo maiores detalhes dessa sua compreensão do processo. Argumenta que devido exatamente ao enquadramento pelo paradigma é que há produção durante o período de Ciência normal, nas áreas para as quais o paradigma chama a atenção do grupo de cientistas (Kuhn, 1975, p. 91). Mas *"essa profissionalização leva a uma imensa restrição da visão do cientista e a uma resistência considerável à mudança do paradigma"* (Kuhn, 1975, p. 91; grifo meu). E mais adiante: *"A anomalia aparece somente contra o pano de fundo proporcionado pelo paradigma"* (Kuhn, 1975, p. 92).

Fundamentando em termos exclusivamente psicológicos, quer os da psicologia cognitiva, quer os da social, tendo em vista que não parto da premissa de que o conhecimento vulgar é norteado por paradigmas, segundo a conceituação de Kuhn, é possível articular a anomalia com o processo de "codificação-problematização-descodificação".

Durante esse processo, ao serem problematizadas as situações significativas codificadas e as explicações a elas dadas - fruto das categorias que os educandos já possuem originadas da sua consciência real - e ao se introduzir as formulações para os problemas, conforme os seus enquadramentos pelo paradigma empregado, tem-se a oportunidade do conflito que se quer estabelecer. Isto é, estimula-se a hesitação em relação às categorias empregadas. É a localização das "anomalias" que não se enquadram no seu modelo interpretativo que deve ser feita. É a tentativa de se fazer

emergir a consciência da "anomalia" no seu modelo. Esta é a primeira característica do processo de descoberta via anomalia, sem a qual, segundo Kuhn, não é possível a mudança de categorias.

É a percepção da percepção anterior, o conhecimento do conhecimento anterior, proposto por Freire no seu processo dialógico e problematizador da "codificação-problematização-descodificação" o objetivo a ser alcançado, de tal modo que se possa fazer surgir a consciência dessas anomalias.

Mas também "a emergência gradual e simultânea\_(diacrônica e sincrônica) de um reconhecimento tanto no plano conceitual como no da observação e a consequente mudança das categorias e procedimentos paradigmáticos", segundo Kuhn, que a descodificação pode propiciar ao se atingir a consciência possível, segundo Freire. "Promover uma nova percepção e novo conhecimento", propostos por Freire e necessários para a aquisição desse conhecimento, segundo Kuhn.

Argumentei que é o tratamento sincrônico, dialeticamente relacionado ao diacrônico, que permitirá a apreensão dos paradigmas pelos alunos de 1º e 2º graus. É o sincrônico que o processo de "codificação-problematização-descodificação" inicialmente pode e deve propiciar, ou seja: a ruptura, o "de repente", a mudança de Gestalt, o contraditório na explicação, o surgimento de outra percepção, o início da mudança das categorias e procedimentos paradigmáticos.

O diacrônico, somente quando a resistência foi vencida, a mudança de Gestalt foi feita, permitirá a convivência e apropriação dos paradigmas: as suas generalizações simbólicas, os seus exemplares, os seus valores e as partes metafísicas. É somente a partir dessa mudança inicial, na minha compreensão baseada tanto na minha prática docente como no que teorizei até o momento que o desempenho do educando dependerá enormemente da sua própria individualidade: suas idiossincrasias, interesses, empenho, persistência, tempo necessário e disponível para a dedicação aos estudos, entre outros fatores. E isto, provavelmente, distinguirá os diferentes desempenhos dos estudantes, inclusive os que auto-realizaram as rupturas, sem que o processo educacional estivesse, explicitamente, com elas preocupado.

É, então, também função do processo educacional, além de propiciar aquela superação inicial, orientar e auxiliar o aluno, através de procedimentos didático-pedagógicos, técnicas de ensino-aprendizagem apropriadas, material instrucional adequado, nesse seu convívio e aprofundamento para a apreensão dos paradigmas. Mas só se antes disso aquela ruptura, o "de repente" inicial, foi propiciado e ocorreu para o coletivo dos educandos.

É o direito que esse coletivo, particularmente o da escola pública, tem. É o dever de uma educação que se pretenda progressista e que almeje preparar o educando (tanto no sentido coletivo como individual do termo) como cidadão que deverá atuar na sociedade, visando as suas transformações.

Portanto, o processo permite, em princípio, que às soluções praticáveis percebidas, aquelas do conhecimento vulgar ou cultura primeira, sejam acrescentadas também as soluções praticáveis, pelos alunos, até então despercebidas, isto é, as soluções oriundas dos paradigmas científicos. Enfim ... a cultura elaborada, sendo apropriada pelo aluno ... e não somente apresentada pelo professor.

No próximo capítulo descreverei as práticas educacionais que se originaram a partir dessa teorização e que por sua vez, retroagiram para a explicitação sistematizada da teoria apresentada ao longo deste trabalho.

## CAPÍTULO - IV

### ENFRENTAMENTO EMPÍRICO DAS RUPTURAS

*"Também já não é o produto do trabalho do marceneiro, do pedreiro, do fiandeiro, nem de um outro trabalho produtivo determinado. É apenas o produto do trabalho humano geral, do trabalho humano abstrato, quer dizer, do dispêndio do trabalho humano, independentemente da forma desse dispêndio ou do fato de o trabalho ter sido realizado por um marceneiro, um pedreiro, um fiandeiro, etc.. Os objetos que são o produto do trabalho atestam apenas que sua produção necessitou duma incorporação de trabalho humano, que neles se encontra acumulado."(Marx)*

#### IV.1 DIÁLOGO COM FENÔMENOS, COMUNIDADE E ALUNOS

A partir da nossa interpretação da concepção problematizadora ou dialógica da educação, proposta por Freire, ocorrida nos seminários e grupos de estudos que formamos no IFUSP em 1975 (Menezes,1988;Zanetic,1989) amadurecíamos alguns pontos para efetivá-la.

A priori não haveria um conteúdo programático escolar pronto, mas sim conhecimentos científicos acumulados historicamente que seriam selecionados, e que deveríamos socializar, enquanto direito do educando deles se apropriar. Os conhecimentos, então selecionados, se tornariam conteúdos programáticos desenvolvidos na educação escolar. Nosso objetivo se constituía em construir programas a partir da investigação temática e da consequente redução temática, garantindo o caráter dialógico quer da programação a ser construída, quer da sua abordagem na sala de aula com os alunos.

Superada a postura ideológica conservadora da nossa formação escolar, inclusive a universitária, restava por em prática uma educação que rompia com os critérios e a lógica que até então tínhamos para a proposição de conteúdos escolares e o seu tratamento didático-pedagógico.

Assim:

1- Como realizar uma investigação temática e quais fatores e variáveis devem ser considerados para construir programas durante a redução temática?

2- Como garantir a dialogicidade na sala de aula e simultaneamente propiciar ao aluno a apropriação de um conhecimento que ele ainda não domina ao ouvi-lo e com ele dialogar?

Era evidente que o diálogo não ocorreria a partir dos nossos conhecimentos que se tornariam conteúdos programáticos escolares. Que teriam os alunos a dizer sobre as leis de Newton? Sobre entropia? Princípios de conservação? Modelo quântico? Fótons? Sobre células, valência química, fotossíntese? Enfim tantos outros ementados nos conteúdos dos programas escolares?

A resposta é tão clara, mas também ideologicamente escondida pelo ranço, conservadorismo e inércia da formação neo-escolástica, livresca, por nós recebida, e que continua sendo oferecida, na educação escolar: o diálogo deveria se dar em torno dos fenômenos e/ou situações que ocorrem quer naturalmente, quer na natureza transformada pelo homem, identificados como significativos e envolvidos nos temas geradores obtidos durante a investigação temática.

Do ponto de vista gnoseológico de Freire o conhecimento se dá na relação dos homens com a natureza e com outros homens. Portanto, em princípio, o aluno "dialoga" com e sobre os fenômenos e/ou situações em que vive e presencia, sendo a eles dada uma interpretação. É essa interpretação que, dialógicamente, precisávamos obter.

A nossa formação específica em ciências, física particularmente, deveria ser usada para "dialogar" com os mesmos fenômenos e/ou situações. Deste "diálogo" construiríamos os programas escolares na medida que com o conhecimento científico deveríamos ser capazes de, dando-lhes uma interpretação, estruturar didático-pedagogicamente como eles seriam veiculados nas salas de aula, de modo que através deles o educando se apropriasse do conhecimento subjacente.

Nas salas de aula deveríamos propiciar o diálogo entre os conhecimentos dos alunos e o nosso que se daria em torno dos fenômenos e/ou situações previamente selecionados para discussão.

Em outros termos: um fenômeno e/ou situação codificado que seria descodificado, via diálogo e problematização. Sempre com o professor coordenando o processo.

Nesta interação professor-aluno o professor tem a função específica de: problematizar as explicações fornecidas, chamando a atenção e contrapondo distintas interpretações dos alunos, aguçando possíveis explicações contraditórias, procurar as limitações das explicações. A finalidade é promover o distanciamento crítico do aluno do seu conhecimento prevalente e enfim formular problemas que os alunos não formulam e, problematizadamente, ao longo do processo educativo, desenvolver as soluções que o conhecimento científico a eles tem dado. Estaríamos, portanto, promovendo o que defini como dialogicidade tradutora.

A partir dos temas geradores obtidos com a investigação temática e as situações significativas envolvidas, os critérios para a elaboração de programas que temos usado (Pernambuco, 1988) são, sobretudo, epistemológicos, articulando-os com os psicológicos. Os programas construídos têm sido analisados por alguns especialistas da área de ensino de ciências, como em Villani (1987), por exemplo.

Os programas são estruturados de tal modo que a visão de totalidade da estrutura do conhecimento científico possa ser apreendida pelo educando. Nós a articulamos com dois recortes - fragmentações - inevitáveis. O primeiro, fornecido pelo particular fenômeno e/ou situação envolvidos nos temas geradores e apresentados na codificação; o segundo, a própria interpretação científica que lhe é dada, desenvolvida durante a descodificação.

O primeiro recorte é obtido por parâmetros que envolvem a análise sociológica de uma equipe interdisciplinar, durante a investigação temática, na perspectiva de relacionar as situações significativas com as contradições sócio-econômicas presentes na sociedade.

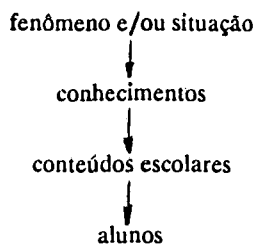
O segundo é obtido igualmente por uma equipe interdisciplinar com parâmetros fornecidos pelos paradigmas científicos, durante a redução temática.

A relação entre os recortes e a estrutura do conhecimento científico é trabalhada por parâmetros epistemológicos, durante a redução temática, usados numa perspectiva didático-pedagógica, para a elaboração e desenvolvimento dos programas. Temos usado conceitos supradisciplinares que "transitam" pelas várias áreas do conhecimento científico, estando presentes tanto na Física, Química, Biologia como nas outras Ciências da Natureza. Pelo seu caráter transdisciplinar e norteador da análise dos fenômenos naturais, nós os denominamos de conceitos unificadores. Angotti (1991) tem como objeto de investigação na sua tese de doutoramento esses conceitos,



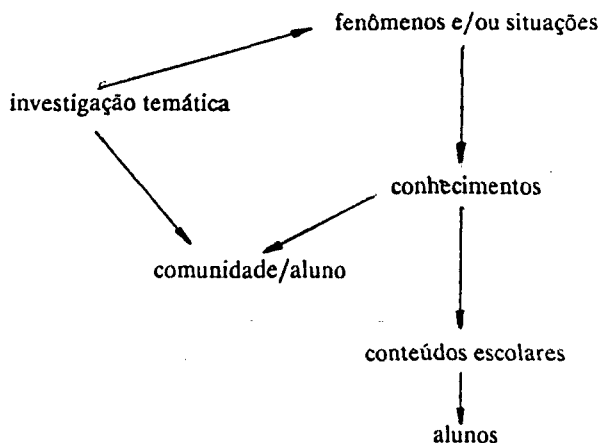
fundamentando-os tanto pelo viés epistemológico como pelo pedagógico. No final deste capítulo eles serão resumidamente apresentados.

A visão do processo construído pela nossa prática é a seguinte:



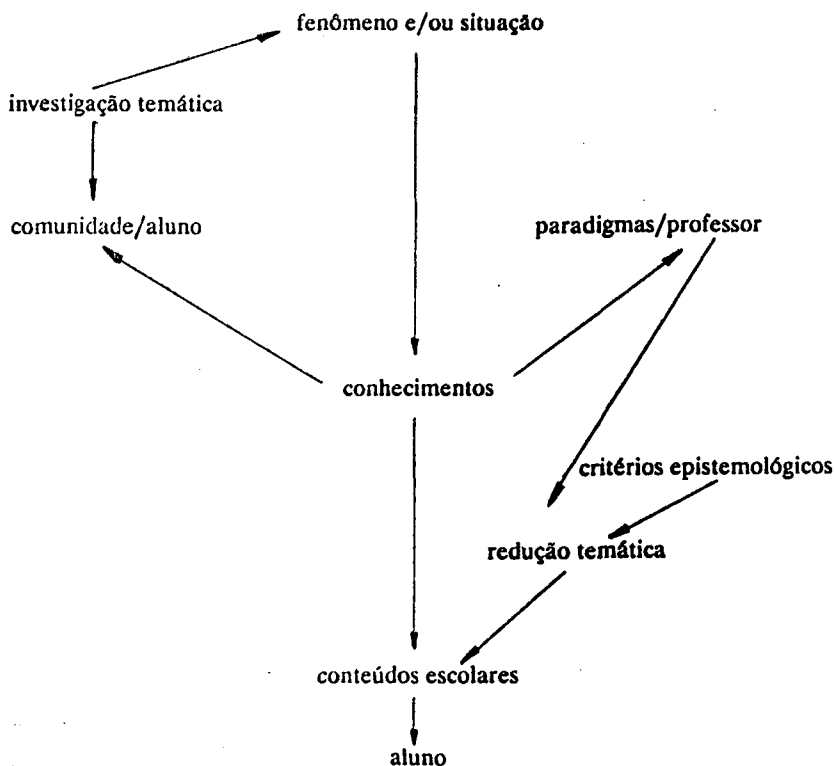
Os fenômenos e/ou situações apresentados como codificação inicial são obtidos com a investigação temática que se realiza anteriormente à atividade educativa na sala de aula.

Os conhecimentos sobre os fenômenos e/ou situações que a comunidade e os alunos já possuem e que constituem as suas interpretações, começam a ser apreendidos pela equipe também durante a investigação temática. Assim tem-se:



O conhecimento científico com o qual o fenômeno e/ou situação pode ser interpretado pertence (ou deveria pertencer) ao domínio de conhecimento do professor. Ele é utilizado durante a redução temática, constituindo-se, portanto, em

conhecimentos científicos selecionados a serem veiculados na educação escolar, ou seja os conteúdos programáticos escolares. Conforme já me referi, os critérios usados durante a redução temática são epistemológicos. Deste modo, antes de se trabalhar os conhecimentos científicos na sala de aula, eles são previamente selecionados e estruturados, constituindo conteúdos programáticos escolares críticos e dinâmicos. O esquema a seguir representa a relação entre os elementos usados na elaboração de programas:



Assim definidos, os conteúdos escolares deverão ser desenvolvidos durante as atividades educativas na escola. O modelo didático-pedagógico analisado e proposto neste trabalho é empregado na sala de aula.

Esquemáticamente é a seguinte a visão do processo:



## IV.2. A DIALOGICIDADE DOS MOMENTOS PEDAGÓGICOS

Com a interpretação que fazíamos (em 1975) do processo de codificação - problematização - descodificação, isto é, que deveria estruturar o diálogo em torno do fenômeno e/ou situação, procurávamos alternativas para a sua aplicação na sala de aula. Com o desenvolvimento do projeto de ensino de ciências naturais na Guiné Bissau (Delizoicov, 1982) foi possível conceber o que temos denominado de momentos

pedagógicos. As reflexões e discussões, já aliadas a uma prática, forneciam pistas que a seguir relatarei.

Escolhida a situação significativa envolvida no tema gerador, deveríamos ter um momento em que o aluno sobre ela se pronunciaria e possivelmente várias interpretações surgiriam. O que se deseja com o processo é a problematização do conhecimento que está sendo explicitado. Deveríamos organizar as informações e explicações que estariam sendo apresentadas porque, primeiro, nós mesmos precisávamos apreendê-las e entendê-las; segundo, com elas já organizadas, como que constituindo um "corpo de conhecimento" oriundo do conhecimento vulgar ou do senso comum e associado à "consciência real efetiva", poder problematizá-las.

Este conhecimento prevalente do educando estaria sendo apreendido com a finalidade de se promover um distanciamento crítico, para aplicá-lo em várias outras situações também do cotidiano, procurando as suas possíveis consistências, contradições, limitações.

Denominamos este momento de "Estudo da Realidade", no sentido em que tanto a situação significativa, como a(s) interpretação (ões) que o aluno dá, constituem uma realidade ou leitura desta.

Deveríamos, também, ter um momento onde a situação começaria a ser interpretada através do conhecimento universal - pela introdução dos paradigmas - já devidamente especificados na redução temática. Se organizaria, então, didaticamente e de forma problematizadora o conteúdo de estudo da unidade, relacionado e aplicado à situação significativa envolvida no tema gerador. Denominamos este momento de "Estudo Científico", no sentido em que nele seriam abordados os paradigmas científicos.

Como o conteúdo estabelecido pela unidade tem universalidade, ele seria útil não apenas para a interpretação da situação inicialmente escolhida. Assim, num outro momento deveria de forma organizada e sistematicamente ser aplicado em outras situações, já não mais necessariamente ligadas ao imediatismo do cotidiano. Deveríamos buscar a generalização uma vez que com o conteúdo desenvolvido é possível interpretar uma grande diversidade de fenômenos e situações. Denominamos este momento de "Aplicação do Conhecimento", no sentido de transcender o uso do conhecimento para outras situações que não a inicial.

Deste modo, cada unidade de ensino deveria propiciar esta dinâmica de trabalho. Dialeticamente envolveria os três momentos pedagógicos e em cada um deles, como que "embutidos", momentos com as mesmas características, organizando e aplicando os conhecimentos - o vulgar e o universal sistematizado - envolvidos em suas

distintas dimensões. A intenção é garantir a presença constante de análises e sínteses dos conhecimentos em discussão, através do processo dialógico contido na "fala do outro" e na "fala do coordenador", na do educando-educador e na do educador-educando.

A expectativa era que, qualitativamente, cada um dos momentos fosse diferente, propiciando num crescente, de um lado, a apropriação do conteúdo programático pelo educando e, de outro, o seu uso e aproximação de situações reais e vividas por ele. Sistemáticamente assim se procederia durante as atividades educativas. Uma dinâmica que partindo do concreto, do real vivido, a ele retorna, mas como "outro" concreto, na medida em que entre o "primeiro" e o "segundo" concreto, se estaria garantindo a abstração necessária para sua reinterpretação, via conhecimentos científicos selecionados constituídos em conteúdos programáticos escolares.

No referido projeto desenvolvido na Guiné-Bissau (Delizoicov,1982;Angotti,1982), entre 1979 e 1981, cada unidade de ensino foi preparada no texto do aluno de 5ª série (Delizoicov,1981) e no de 6ª série (Angotti,1981), bem como nos respectivos guias do professor (Delizoicov,1981a;Angotti,1981a) através dos três momentos pedagógicos, que passamos a denominar de "Roteiro Pedagógico".

Primeiramente a aplicação desse "roteiro pedagógico" ocorreu a nível de proposta em 1979, durante o primeiro curso de formação intensiva de professores guineenses. Realizamos, então, o primeiro círculo de investigação temática (Delizoicov,1982,cap-3), com a participação de 45 professores leigos, isto é, não licenciados e com escolaridade entre nove e onze anos (correspondente ao nosso segundo grau). Entre os professores tínhamos representantes de quase todas as vinte etnias que formam a nação guineense. Todos, sem exceção, eram também, ou tinham sido, agricultores.

Destaco (Delizoicov,1982,ps.149 e seguintes) a enorme contribuição destes professores na concepção e prática do "roteiro pedagógico": Da sua aplicação e discussão crítica com os professores pudemos obter dados para adaptá-lo, na verdade mais do que isto, pudemos construí-lo criticamente e usá-lo nas atividades e textos produzidos e empregados nas salas de aula com os alunos de 5ª e 6ª séries.

No próximo item do capítulo faço uma breve descrição deste projeto. Ainda que seja uma visão panorâmica do trabalho desenvolvido durante a sua implantação, forneço ao leitor algumas informações específicas mais pontuais, esperando no entanto que sejam suficientes. Descrevo sucintamente como ocorreu na prática, aspectos da investigação temática, da redução temática, a utilização do programa de Ciências Naturais e o seu desenvolvimento em sala de aula com os alunos.

A partir de 1984 passamos a usar o roteiro pedagógico no projeto "Ensino de Ciências a Partir de Problemas da Comunidade" (Dal Pian, 1990) desenvolvido no Rio Grande do Norte. O uso e reflexão que fizemos do roteiro pedagógico nesse projeto permitiu um aprofundamento do seu significado.

Assim, primeiramente ficou claro que a denominação "Estudo Científico" para o segundo momento não era a mais apropriada. Os outros momentos, sobretudo o terceiro, não eram "menos científicos" que o segundo!

Na verdade, neste segundo momento estávamos estruturando - organizando didática e sistematicamente - a aprendizagem dos conhecimentos oriundos e introduzidos pelos paradigmas científicos, como era o objetivo. Passamos, então, a denominá-lo simplesmente de "Organização do Conhecimento".

Não representou, no entanto, uma simples mudança de denominação. Permitiu um salto qualitativo na nossa própria percepção do trabalho até então realizado.

Havia várias oportunidades ao longo do processo educativo em que se "organizavam e aplicavam" os conhecimentos em suas distintas dimensões e finalidades - os do aluno/comunidade e os do paradigma/professor - como era o objetivo. Os materiais de ensino-aprendizagem eram estruturados no sentido de se garantir as constantes sínteses e análises, através das "fala do outro" e "fala do coordenador". Não estava suficientemente explícito que os momentos pedagógicos eram empregados, também, para o estabelecimento de uma sequência programática, ainda que não sistematicamente. A prática da equipe os considerava implicitamente.

O salto foi dado em dois sentidos. Primeiro, a oportunidade de explicitar os momentos pedagógicos como uma das variáveis para o estabelecimento da sequência programática e, conseqüentemente, a possibilidade de sistematização do seu emprego ao se realizar a redução temática. Segundo, a conclusão de que uma opção didático-pedagógica, inicialmente proposta para abordar conteúdos programáticos em sala de aula, se liga dialeticamente à sequência do próprio conteúdo que ela passará a desenvolver.

Os dois últimos programas de Ciências Naturais elaborados pela equipe do projeto - um para escolas do meio rural do Rio Grande do Norte, o outro para uma escola de Natal - incorporaram mais esta variável, usada sistematicamente na concepção de programas escolares.

No próximo item do capítulo é apresentado um breve histórico do grupo de pesquisa em ensino de ciências que vem trabalhando com esta concepção de educação e os eixos diretores das nossas investigações, uma descrição sucinta do trabalho

desenvolvido no projeto "Ensino de Ciências a Partir de Problemas da Comunidade" em relação à investigação temática e à redução temática, à elaboração dos programas de Ciências Naturais e dos materiais instrucionais e o uso que fizemos dos conceitos unificadores.

#### **IV.3 - VISÃO PANORÂMICA DAS PRÁTICAS**

##### **PROJETO FORMAÇÃO DE PROFESSORES - GUINÉ BISSAU\***

###### ***A EDUCAÇÃO PROBLEMATIZADORA NO ENSINO DE CIÊNCIAS***

Apresentaremos um resumo das atividades desenvolvidas no projeto de ensino de ciências para as 5ª e 6ª séries do primeiro grau na Guiné-Bissau, detendo-nos em alguns aspectos instrucionais, como um exemplo do desenvolvimento de um conteúdo de física a partir do prisma da educação dialógica.

O projeto implantado de 1979 à 1981 destinava-se à formação de professores e à produção de material didático. Entre os desafios que tal tarefa apresentava destacamos:

- Com população de somente 800.000 habitantes, esta ex-colônia portuguesa tem sua população dividida em cerca de 20 etnias com culturas e línguas distintas, sendo que estas línguas não estão codificadas. A língua popular comum (o crioulo) é apenas falada e a língua oficial do país é o português;
- A população é eminentemente rural, seus meios de produção totalmente manuais com ferramentas de fabrico artesanal, seguindo tradição africana alheia à cultura científico-tecnológica do ocidente;
- A escolaridade máxima existente no país não ultrapassava o "liceu" (que corresponde ao 2º grau). No entanto, esta educação com tradição lusitana só atingia uma estreita camada da população. Após a libertação (em 1974), esforça-se o país para a implantação em escala nacional do ensino básico até a 6ª série do 1º grau, implicando na instalação de escolas, formação intensiva de professores (alunos agressos do liceu) e produção de material didático.

\* Extraído parcialmente do artigo "Ensino de física e a concepção freiriana da educação". Publicado na Revista de Ensino de Física, Vol. 5, nº2, dez/83.

Dentro deste quadro havia o interesse explícito do Ministério da Educação da Guiné em promover uma educação onde a linha mestra do currículo, os textos, o material experimental e a formação dos professores fossem ditadas por uma constante e sistemática aproximação com a realidade guineense, optando-se, então, pela dinâmica da educação problematizadora.

Com o levantamento preliminar da investigação temática<sup>(1)</sup> foram codificadas as situações relativas aos meios de produção e relações de produção da comunidade rural guineense.

Estas codificações, entre outras, que envolviam o problema da língua, das doenças, dos rituais tradicionais, da educação comunitária na aldeia, da produção de material didático (experimental e textos), etc., foram discutidas e decodificadas nos nossos círculos de investigação temática.

Durante o ano de 1979 o círculo de investigação temática era composto por 45 membros da comunidade guineense, que tinham como situação funcional a de professores nas escolas de 5ª e 6ª séries. Eram os jovens professores em formação (com idade entre 18 e 27 anos) que o próprio Ministério da Educação havia selecionado para participarem do "1º Seminário Intensivo de Ciências Naturais" (Círculo de investigação temática) de 200 horas. Eram provenientes de todas as regiões do país e representavam boa parte das 20 etnias que constituem a nação.

Todos, sem exceção, eram ou tinham sido agricultores e, na época, com um grau de escolaridade entre 9 e 12 anos, trabalhavam também como professores, como mostra de um esforço conjunto do estado e população para a superação dos problemas educacionais enfrentados pelo país.

Após este seminário intensivo e com os dados lá obtidos passamos a analisá-los de modo a obter os temas geradores para a aprendizagem de Ciências Naturais ao nível de 5ª série<sup>(2)</sup>.

Uma primeira reflexão mostrou ser o tema "agricultura", unificador de muitas das discussões promovidas durante o curso junto com os professores, quer levando em conta o modo de produção, quer analisando os fenômenos naturais dos quais depende a agricultura. Além da chuva que, na Guiné, determina uma época bem característica - há duas estações apenas: a das chuvas, de maio a outubro, e a das secas, de novembro a abril - é relevante para a rizicultura (maior fonte de produção agrícola) o fenômeno das marés.



Todo o país é atravessado por grandes rios que apresentam profundos estuários, abrindo-se em grandes deltas no oceano, cujas águas, na maré alta, podem penetrar nos rios até cem quilômetros de distância do delta, ocasionando zonas alagadas (cerca de 20% da área total do país) onde se localizam os maiores arrozais.

Assim vimos como possibilidade o tema central "agricultura" originar os seguintes outros temas: A água na agricultura, os instrumentos agrícolas e o solo. Ainda, o tema água na agricultura originando: o vegetal e a chuva.

Analisando esta possibilidade em conjunto com os professores, participantes dos círculos de investigação temática, e com membros dirigentes do Ministério da Educação da Guiné, optou-se pela redução temática a partir destes temas.

Dois critérios diretores orientaram-nos durante o processo de redução temática.

Primeiro, para estabelecer a sequência do conteúdo programático, guiamos-nos pela correlação entre o período do ciclo produtivo agrícola, o período das chuvas e o período letivo guineense, de modo a estabelecer uma sequência para o conteúdo que pudesse assegurar com grande margem de certeza, um sincronismo entre o estudo da realidade no "contexto teórico" da escola e as situações vividas pela população.

Segundo, para a análise do conteúdo, orientamo-nos pelos processos de transformação envolvidos nos temas e situações escolhidas.

O plano final da redução temática resultou em 22 atividades desenvolvidas na disciplina de Ciências Naturais da 5ª série com 5 horas semanais de "aulas".

Como material de apoio didático para estas 22 atividades, produziu-se:

- 1 - Livro do aluno - elaborado com características próprias para atender à dialogicidade da instrução pretendida, às particularidades da tradição da educação comunitária bem como do problema oriundo do uso de várias línguas;
- 2 - Guia do professor e
- 3 - Material experimental, este totalmente produzido na Guiné pelos professores e artesãos locais. Cada grupo de 4 alunos em todas as escolas do país trabalha com um conjunto experimental.

### *NOÇÕES DE FÍSICA A PARTIR DOS INSTRUMENTOS AGRÍCOLAS*

Na atividade 10 do curso de Ciências Naturais da 5ª série, iniciou-se a descodificação e problematização dos instrumentos agrícolas utilizados pela população.

As atividades anteriores foram destinadas ao estudo da agro-biologia do arroz e outros produtos agrícolas, onde um estudo introdutório da botânica foi desenvolvido.

Conforme adiantamos, os meios de produção na agricultura são totalmente manuais, com ferramentas de fabrico artesanal pelo próprio camponês. Por razões culturais e da qualidade do solo dos arrozais (argilosos e alagados) a tração animal não é empregada.

No entanto, a civilização africana desenvolveu um instrumento agrícola ímpar para o trabalho neste tipo de solo. É denominado, na Guiné-Bissau, de "rade" - ou "arado balanta" - sendo atribuído à etnia balanta a sua introdução na Guiné há séculos atrás.

Este instrumento tem a forma de um remo e a função de uma pá cavadeira; é de madeira e tem encaixado na extremidade uma lâmina de ferro que permite perfurar o solo com mais facilidade. É fabricado pelos homens mais velhos, mas a maior parte dos camponeses sabe fazer este trabalho. A lâmina de ferro é fabricada pelos artesãos ferreiros, de quem os camponeses a compram. Entre os balantas, de modo geral, tem 2,5 metros de comprimento, variando segundo a altura de quem os emprega, tendo a pá cerca de 60 cm de comprimento e 20 cm de largura. Em outras etnias são relativamente mais curtos.

A madeira com que a pá é construída é especialmente selecionada, pois deve ser, além de resistente, flexível. Em média é retirada e revolvida de cada vez do solo cerca de 5 quilogramas de terra argilosa e úmida.

Segundo os especialistas, este instrumento apresenta uma técnica aprimoradíssima, enquanto ferramenta manual, perfeitamente adequado às condições de trabalho nos arrozais. Seu emprego, além de usado para arar a terra úmida (barro), é importante na construção dos diques nos arrozais (com cerca de um metro de altura), cuja função é evitar a entrada da água salgada na maré alta e de represar a água da chuva para a "lavagem" do solo, com o intuito de retirar o excesso de sal.

A descrição e comentários acima são importantes na medida em que não apenas informam o leitor sobre a "realidade" local mas, sobretudo, porque exemplificam de forma concreta aspectos de uma investigação temática.

No nosso levantamento preliminar, além das observações diretas dos camponeses trabalhando nos arrozais, conversávamos sobre o instrumento e o arrozal em si. Entre outros dados apreendidos neste "diálogo" vale a pena citar aquele referente ao ponto de dessalinização do solo, que também foi motivo de discussão nos círculos de investigação.

Na época das secas se permite que os arrozais sejam inundados pelas águas dos rios, de forma a propiciar uma adubação natural do solo<sup>(3)</sup>. No entanto, nessa invasão, conforme dissemos, há água salgada proveniente das marés. Com a chegada das chuvas os diques são reconstruídos para armazenar a água doce. Através de "válvulas" há a regulação do fluxo de saída da água da chuva e o impedimento de entrada da água da maré. O processo de "lavagem" do solo é concluído quando o camponês introduz o braço na água represada e percebe que não há um gradiente de temperatura! Caso haja diferença de temperatura entre a água da superfície e aquela em contato com o solo, este ainda não atingiu o ponto certo para o plantio!

Nos círculos de investigação temática, cujos participantes eram os professores em formação, o "arado balanta" apresentado como codificação, propiciou uma discussão ampla sobre os meios de produção agrícola. A descodificação, de início eminentemente descritiva, girou em torno do próprio instrumento. Quem o constrói? Como são construídos? Quais os tipos de madeira mais adequada no seu fabrico? Onde são encontradas? Que etnias o usam? Quais são os outros instrumentos utilizados? Quem os usa? e outras do mesmo tipo.

Obviamente, com esta dinâmica, tínhamos muito a aprender com os nossos "alunos", o que exemplifica um caso concreto dos termos "educador-educando" e "educando-educador".

Ainda, num processo contínuo de problematização, a descodificação tomou rumo interessante ao se penetrar na "estrutura profunda" da codificação (a nosso ver relacionada com a "produção do conhecimento") representada pelos instrumentos agrícolas.

Resumidamente, da discussão ficou claro que: o fato dos meios de produção da comunidade tradicional africana (pelo menos a da Guiné) permanecerem no estágio manual, não significava, pudemos concluir, que não se havia "produzido conhecimento", conforme víamos na análise dos vários instrumentos empregados. Se bem que produzidos de forma empírica, não deixavam de ser fruto de uma prática e de uma "pesquisa" realizadas ao longo de séculos com o fim de dominar e transformar a Natureza. Estabelecíamos, então, o paralelo entre esta forma de se produzir conhecimento e aquela verificada, por exemplo, na Europa do século XVII, referindo-nos a Galileu e a Newton.

Entre algumas das diferenças, explicitadas pelos professores durante os debates, estavam a obtenção de leis gerais sobre o comportamento da Natureza e a "metodologia" da sua descoberta, que poderiam caracterizar a "produção de

conhecimento científico", na Europa, diferentemente da que se passou na África, onde, de forma distinta, também ocorrera "produção de conhecimento".

Discutiu-se, ainda, o que a relação ciência-tecnologia, durante a revolução industrial, tem a ver com a alteração do modo de produção da Europa de então. Ainda hoje, em algumas etnias da Guiné, a idéia de acumulação é simplesmente inexistente. Poderia isto ser um dos fatores determinantes do processo ocorrido na África no que diz respeito à diferença nos modos de "produção-aplicação do conhecimento"? Ou então, até que ponto a escravatura e suas consequências sócio-econômicas e culturais, a partir do século XV, teriam influenciado neste processo?

Questões abertas, com respostas pouco conclusivas, fora da nossa competência, mas, mesmo assim, não se poderia deixar de apresentá-las para uma reflexão!

É interessante ressaltar que a alavanca, enquanto "abstração teórica" do instrumento, sequer foi notada, inicialmente, na descodificação. No entanto, os professores haviam dado mostras (em atividades anteriores no seminário) de um razoável domínio do assunto alavancas.

Foram capazes de empregar as condições de equilíbrio, identificar os tipos de alavanca nomeando-as em inter-fixa, inter-potente e inter-resistente, fornecendo para cada tipo os exemplos, obviamente aqueles fornecidos pelos livros (portugueses) em que estudavam, tais como: quebra-nozes (!), tesouras, etc...

Portanto, uma discussão mais prolongada foi exigida.

Em função da exposição dos professores pertencentes às etnias balantas, papéis e manjacos (que empregam o rade), discutíamos e analisávamos o instrumento do ponto de vista do modelo teórico da alavanca.

Assim, a posição relativa das mãos no cabo, o que fazia o papel do apoio nesta alavanca e a sua posição, constituíram os pontos centrais do debate entre nossos alunos-professores.

Identificamos, em conjunto, basicamente 3 movimentos durante o manuseio: o primeiro a penetração no solo; o segundo a retirada da terra, onde avaliamos, qualitativamente, ser significativa a função elástica da pá, aliada ao impulso dado pelo movimento dos braços, para a redução e/ou facilidade nos esforços musculares para destacar do solo a quantidade de argila úmida sobre a pá; o terceiro a elevação da terra para a construção dos "diques" e canteiros.

Ao observarmos os balantas trabalhando no arrozal, o que víamos era uma perfeita dança, sendo visível a movimentação de quase todos os músculos das pernas e braços. Isto durante dez ou mais horas diárias de trabalho, seguram o cabo do arado

com os braços abertos e, os destros, apoiam o cotovelo esquerdo no joelho da perna esquerda, ao iniciarem o segundo movimento e durante o terceiro movimento.

As opiniões dos vários professores, quanto às posições relativas das mãos, quando emitidas em função da prática, sem uma maior reflexão sobre o ato, foram de início contraditórias. Ao prosseguirmos a descodificação, analisando o manuseio nos baseando no momento das forças, concluiu-se que dependendo do ângulo de abertura entre os braços e da inclinação do corpo, a mão esquerda (para os destros) se aproximava mais ou menos da pá do arado, permanecendo, no entanto, em qualquer situação, além do ponto médio do arado, na metade em que se localiza a pá.

Do ponto de vista do desenvolvimento de um conteúdo programático de física, pode-se "gerar" com o tema "instrumentos agrícolas" desde os conceitos introdutórios sobre a alavanca, equilíbrio de forças, momento, trabalho, energia, até o princípio dos trabalhos virtuais e a dinâmica do corpo rígido, tudo dependendo das condições dos alunos e do nível de escolaridade.

Com os professores, no seminário, à exceção do princípio do trabalho virtual, todos os outros assuntos foram tratados. Ainda, com o mesmo "modelo teórico", analisaram-se os vários tipos de enxadas em uso na Guiné e os membros de locomoção do corpo humano, focalizando os ossos enquanto alavancas naturais.

Pudemos com estas descodificações nos círculos de investigação temática, reduzir o tema instrumentos agrícolas a ser desenvolvido junto com os alunos. Estabeleceram-se, em conjunto com os professores, as codificações a serem empregadas, e as linhas gerais da problematização a ser realizada. Previam-se situações onde o próprio aluno ainda não utilizava os instrumentos (devido a sua idade), mas que, no entanto, de alguma forma participava do processo produtivo. Nestes casos, por decisão dos professores, o aluno faria uma "pesquisa" preliminar junto à comunidade, sobre os vários pontos da problematização ou então um agricultor, na "sala de aula", explanaria sobre o instrumento como ponto de partida para a descodificação.

Por opção instrucional, denominamos a esta parte do desenvolvimento de cada atividade com os alunos de "Estudo da Realidade". É justamente nesta etapa que o aluno "dialogava" entre seus pares e com o professor, sobre o seu meio e sua "realidade", expressando a sua visão, da forma como a apreendeu em seu contato cotidiano com a situação.

Durante a "aula", empregando a dinâmica da problematização, o professor "desafia" os alunos-participantes com questões para que relatos e opiniões surjam. De modo geral discussões preliminares são realizadas por grupos de 4 alunos;

posteriormente as posições de cada grupo são discutidas com toda a classe. Se de um lado esta dinâmica é inerente à educação dialógica, de outro, soluciona de maneira satisfatória o problema do uso de várias línguas no país. O crioulo, como a língua comum do país, foi incentivado para o uso durante os debates. Em função das conclusões gerais do grupo maior da classe, o professor solicita aos alunos a sua redação em português, auxiliando-os sempre. Uma redação coletiva, portanto, é obtida e esta é finalmente transcrita pelo aluno no seu texto. Um texto por ele produzido, expressando a sua "realidade" da forma como a apreende.

Seguindo o processo de descodificação, são desenvolvidos os pontos ainda não dominados pelos alunos sobre aspectos da realidade. Assim, na parte da atividade que denominamos, "Estudo Científico", o conteúdo relativo à alavanca é proposto para estudo.

Sempre num processo de discussão, a partir do uso e manipulação do instrumento, chegamos à "abstração" contida na alavanca. Para tanto, a idealização das condições de equilíbrio que ocorrem numa alavanca são obtidas com o emprego da experiência. Cada grupo de alunos, com escalas graduadas e contrâ-pesos, auxiliados pelo professor, pôde estabelecer a relação entre os momentos das forças resistente e potente, ainda que tais nomes não fossem explicitados no primeiro momento da aprendizagem.

Neste sentido o próprio arranjo experimental passa a ser também uma codificação, a ser descodificada e "problematizada", funcionando agora como auxiliar do processo para a apreensão do conteúdo programático.

A generalização dos conceitos envolvidos e apreendidos é realizada no ítem da atividade que denominamos "Aplicação de Conhecimento". Pretende-se uma re-admiração da realidade, inicialmente descodificada em seus aspectos superficiais, com os novos elementos de análise apropriados durante o processo de aprendizagem. Há, além do retorno à situação codificada anteriormente, uma generalização para outras situações do próprio contexto de vida ou não, que podem ser entendidas empregando o conteúdo programático apreendido.

Procura-se, portanto, com esta parte da atividade não se restringir a aprendizagem a elementos localizados apenas no contexto do aluno.

Do ponto de vista restrito ao conteúdo, o fato das leis naturais serem universais, permite que, partindo da experiência vivencial do aluno ou da problematização de situações particulares de uma comunidade, se desenvolva a aprendizagem de um conteúdo programático que seguramente não está relacionado apenas àquela realidade. É ela o ponto de partida para o aprendizado que deverá ser

extrapolado e utilizado, podendo-se evitar que permaneça restrito à visão particular, localizada, que inicialmente o determinou.

O fato importante é que as informações e a metodologia implícita na sua aquisição podem, concretamente, servir como um instrumento capaz de intervir na realidade.

Levando em consideração este aspecto da Ciência e do seu ensino, a redução temática levou-nos a desenvolver com os alunos, na atividade seguinte, o estudo da roldana, com uma outra máquina simples que auxilia o trabalho humano.

Desenvolvida também através de experimentos e com a dinâmica descrita pudemos, na "Aplicação do Conhecimento" desta atividade, generalizar o conceito de máquinas. A partir de uma bicicleta, transporte amplamente utilizado na Guiné, "descodificada" durante as aulas, apreendeu-se o conceito de uma máquina, como composição de máquinas simples.

Visitas aos barcos pesqueiros, e às usinas termoelétricas das cidades (infelizmente, o país conta com reduzidíssima instalação industrial, e mesmo esta, apenas na capital do país) permitiram o salto necessário para a extrapolação almejada.

Ainda, a produção de roldanas e sua instalação nos poços foi providenciada pelos alunos e professores. É interessante observar que a roldana não faz parte do instrumental usado pela comunidade tradicional da Guiné.

Posteriormente, o assunto "máquinas" foi retomado na atividade 22, última da 5ª série, onde "descodificou-se" uma usina termoelétrica (toda geração de eletricidade no país é feita por termoeletricidade). De novo a bicicleta foi extremamente útil. A partir do "dínamo" de bicicleta, conceitos introdutórios de eletromagnetismo foram desenvolvidos.

Ainda que o conceito de energia e suas transformações estivessem contidos na 5ª série, por opção didático-pedagógica, só foram explicitados na 6ª série, cujo tema gerador central foi "A Saúde". Após o estudo do conteúdo energético dos alimentos, houve um retorno às atividades anteriores (tanto de 5ª série, como 6ª série), com o objetivo de se globalizar o conceito de energia e suas transformações<sup>(4)</sup>.

Podemos, através destes simples exemplos, notar a força do conceito "tema-gerador" de Paulo Freire, tanto do ponto de vista educacional, como do instrucional; este conceito se constitui num dos problemas ao pensar-se em educação problematizadora no ensino escolar de ciências, sobretudo porque rompe com a lógica que se tem empregado para a organização do conteúdo programático<sup>(5)</sup>. Esperamos que, com o relato apresentado, este aspecto tenha sido desmistificado, pois mostrou ser, realmente, algo praticável.

### *Notas e Referências*

- 1 - Este levantamento preliminar foi realizado, inicialmente, em 1977 e 1978 por uma equipe composta por um agrônomo, um sócio-economista e uma educadora (europeus, pesquisadores do Institut de Recherche, Formation, Education et Developpement) e por um grupo de dez professores guineenses em formação (com escolaridade não superior a 10 anos) com objetivos mais amplos que o da promoção do ensino de ciências. Tratava-se da instalação de um modelo de escola (e de educação) para o meio rural guineense. Em 1979 passaram a integrar esta equipe mais dois professores de Física e duas professoras de Ciências e Biologia (brasileiros) com o objetivo de desenvolver um projeto de ensino de ciências para todas as escolas do país.
- 2 - Em 1980 um 2º seminário foi realizado, constituindo um outro círculo de investigação temática para a obtenção de temas referentes a aprendizagem de Ciências Naturais ao nível de 6ª série. No primeiro círculo de investigação já se havia delineado os possíveis temas, no entanto, a sistematização e a consequente redução temática foi realizada no segundo círculo, pois, por opção do Governo guineense, a implantação do projeto se daria em 1979 com a 5ª série e no ano seguinte a sua extensão para a 6ª série.
- 3 - Há arrozais produzindo há mais de 30 anos ininterruptamente sem, jamais, ter-se fertilizado o solo através de adubo químico.
- 4 - Conforme descrito no trabalho de Angotti J.A. - Solução Alternativa para a Formação de Professores, S. Paulo, Dissertação de Mestrado, IFUSP/FEUSP, 1982.
- 5 - Os índices das atividades dos livros dos alunos fornece uma "ementa" do conteúdo programático de ciências Naturais desenvolvido nas 5ª e 6ª séries.



### Índices do Livro do aluno da 5ª série

Atividade	Título
1	A água na agricultura
2	O movimento da água nos vegetais
3	Observando raízes
4	Classificando raízes
5	Aproveitamento dos vegetais
6	O caule
7	A Folha
8	A água e a transpiração das folhas
9	A água, o ar e o sol na produção de alimentos
10	Instrumentos agrícolas (Máquinas simples)
11	Diminua o esforço mas ... realize mais "trabalho"
12	O Dinamo (Máquinas, geração eletricidade)
13	O solo
14	Estudo da areia e a argila
15	Transformação do solo
16	O vapor de água
17	A chuva
18	A água na terra só aparece no est. Líquido e vapor?
19	Estudo dos Líquidos e dos sólidos
20	O ar
21	O vento
22	O ar é uma mistura de gases!

### Índice do Livro do Aluno da 6ª-série

Atividade	Título
1	Os seres vivos e o meio ambiente
2	Doenças infecciosas e não infecciosas
3	O paludismo (Malária)
4	O sangue e seus constituintes
5	Conhecendo o microscópio
6	Investigando o mundo microscópico
7	O coração e os vasos sanguíneos

8	Circulação linfática (Filariose)
9	Aparelho respiratório
10	Moléstias do aparelho respiratório
11	Doenças da "Barriga"
12	Aparelho digestivo e digestão
13	Aparelho reprodutor
14	Doenças venérea
15	Como devemos nos alimentar
16	Ossos e músculos
17	Orgãos dos sentidos
18	Trocas de energia no corpo humano
19	O Homem, a vida e o sol

**PROJETO "ENSINO DE CIÊNCIAS A PARTIR DE PROBLEMAS DA COMUNIDADE" \***

Marta M.C.A. Pernambuco

Démetrio Delizoicov Neto

José André P. Angotti

**APRESENTAÇÃO E HISTÓRICO**

O projeto *Ensino de Ciências a partir de Problemas da Comunidade* propõe uma reflexão sistemática baseada na prática de adaptar o conteúdo de Ciências Naturais das quatro primeiras séries do primeiro grau à Realidade de comunidades específicas.

Esta perspectiva de trabalho é inspirada em movimentos educacionais e populares ocorridos no país na década de 70 e na concepção educacional de Paulo Freire. Resultados iniciais desta reflexão estão lançados em quatro dissertações de Mestrado que, apesar de enfoques distintos, contém traços comuns. Basicamente, estes trabalhos fornecerem condições para a constituição do grupo que ora executa o projeto.

\* Publicado em: Atas do seminário: "Ciência Integrada e/ou integração entre as Ciências: teoria e prática". Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 1988.

Duas destas dissertações, Dal Pian<sup>(1)</sup> e Pernambuco<sup>(2)</sup>, referem-se a experiências educativas em 1º e 3º graus no estado do Rio Grande do Norte, (1976-80) onde o projeto está sendo desenvolvido e as outras duas, Angotti<sup>(3)</sup> e Delizoicov<sup>(4)</sup> a um projeto de Formação de Professores de Ciências para a 5ª e 6ª série, desenvolvido na Guiné-Bissau (1979-81)<sup>(5)</sup>. Características comuns destes 4 trabalhos podem ser localizadas nos seguintes aspectos: Formação de Professores e Treinamento em Serviço; Elaboração de Currículos; Produção de Material Didático<sup>(6)</sup> e Trabalho Interdisciplinar.

### *PROGRAMA DE INVESTIGAÇÃO*

Consideramos que a Educação, apesar de não ser o elemento determinante, pode ser um instrumento importante para ocorrência de transformação sociais e para isso deve fornecer a compreensão e atuação sobre a Realidade local. Realidade essa, complexa e entendida no contexto das relações sociais que também a determinam. Nessa perspectiva trabalhamos a partir de TEMAS GERADORES<sup>(7)</sup>, escolhidos de um estudo das contradições envolvidas nas relações e meios de

produção, bem como nos aspectos determinantes da Cultura local. Em particular, os usamos para trabalhar conteúdos de Ciências Naturais que possam servir de instrumento para uma readmiração dessa Realidade.

A busca de uma inserção da educação escolar num contexto concebido a partir destas preocupações levanta problemas de ordem metodológica e instrucional, além das ideológica e educacional.

Tentamos abordar esses Temas numa perspectiva de investigação ou pesquisa para não descambar em um espontaneísmo reducionista cuja consequência é o esvaziamento do conteúdo, caracterizado por iniciativas e táticas tais: "O que é de seu interesse estudar?" ou "Vamos falar sobre o cotidiano e a realidade".

Segundo nossa conceituação e prática, a **Investigação Temática<sup>(7)</sup>** e a consequente **Redução Temática<sup>(7)</sup>** constituem de um lado um critério para a seleção dos conteúdos universais a serem desenvolvidas, de outro, a própria sequência com que estes conteúdos serão apresentados. Permeando este processo a **Dialogicidade** deve ser garantida e instrucionalizada de modo a evitar o **esvaziamento** do conteúdo programático.

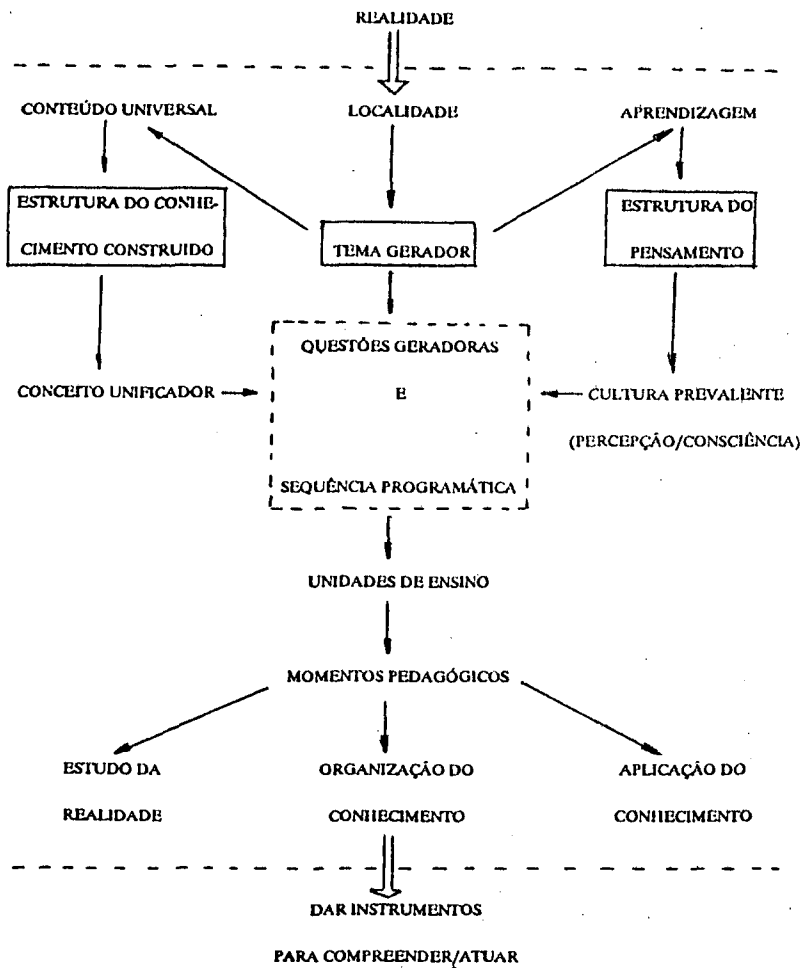
Assim, há três questões norteando nossa investigação:

- 1 - Como se obtêm Temas Geradores?
- 2 - Uma vez rompida a lógica que se tem empregado para a elaboração de conteúdo programático, quais fatores e variáveis devem ser consideradas para a sua organização na área de Ciências?
- 3 - Como garantir o aspecto dialógico e concomitantemente a apreensão de conteúdos universais?

O Programa de Investigação que estabelecemos (do qual o projeto em discussão faz parte) para abordar estas questões tem indicado algumas pistas bem como outras questões, caracterizando um processo que poderíamos chamar de busca e construção de um paradigma, para esse tipo de estudo.

A procura de soluções para aquelas questões básicas, poderá contribuir para o Ensino de Ciências enquanto área recente e interdisciplinar, e portanto carente de padrões de investigação, apesar de sua intensa atividade.

Tal Programa de Investigação pode ser visualizado no seguinte esquema:



Esse esquema, construído a partir da reflexão sobre a prática, sugere que o objeto da investigação está contido nas questões de forma imbricada.

O Tema Gerador (tronco) nos remete ao conteúdo científico a ele relacionado (ramo da esquerda), bem como à percepção que os educandos têm dele (ramo da direita).

Pelo ramo do conteúdo universal buscamos apoio no conhecimento construído pelas diversas ciências naturais, considerando as especificidades de cada uma. Aspectos históricos e epistemológicos nos ajudam sobremaneira a colocar uma concepção de Ciências como força cultural construído e acumulada pelos homens e em contínua evolução. Para um proceder educativo apoiado nas características das Ciências, utilizamos a idéia de CONCEITOS UNIFICADORES<sup>(3)</sup>. Assim, apesar de

entendermos que o procedimento científico usual parte da fragmentação do objeto de estudo, buscamos regularidades e invariâncias, que possam se constituir em conceitos supradisciplinares e que facilitem a apreensão e análise de um fenômeno independentemente da área do conhecimento de Ciências Naturais da qual é objeto de estudo. No detalhamento das etapas do projeto ao final deste texto apresentaremos alguns dos conceitos utilizados.

Outra estratégia é a busca de **QUESTÕES GERADORAS**, formuladas de modo que a busca para suas respostas remetam à compreensão dos fenômenos estudados e aos dados para se gerar a sequência programática.

Da outra vertente, buscamos apoio das teorias de aprendizagem bem como de pesquisas recentes de outros grupos ligados ao Ensino de Ciências, voltados para esta área<sup>(8)</sup>. Contudo, mantemos uma preocupação com os aspectos da cultura local prevalente que compõem uma visão de mundo e serão referência para as explicações do fenômeno ou situação pelos alunos, fomentando e enriquecendo Diálogos em sala de aula.

Dinamicamente, a visão do aluno é apreendida no primeiro momento pedagógico, Estudo da Realidade, onde se cria a necessidade de compreender uma situação da realidade, problematizando-a. É nesse momento que a Realidade se apresenta ao aluno **CODIFICADA**, necessitando ser **DESCODIFICADA**, através da aquisição de uma outra visão. Aparece então o segundo momento, Organização do Conhecimento, basicamente o estudo de partes do conhecimento universalmente construído sempre sob forma de problematização e cotejamento das visões distintas, porém sem deixar de dar prioridade ao conhecimento já acumulado das Ciências Naturais. No terceiro momento, Aplicação do Conhecimento, o conteúdo apreendido no segundo, além de ser extrapolado para novas situações, é usado para reinterpretar o primeiro.

### *O PROJETO E SUAS ETAPAS*

Em termos de procedimentos, a sistematização do nosso trabalho ocorre em cinco etapas, sendo a última a de "sala de aula", e as quatro primeiras efetivadas durante a Investigação Temática<sup>(4,9)</sup>. Na primeira, faz-se o "levantamento preliminar" das condições da localidade através de "fontes secundárias", contactos informais com alunos, pais e lideranças. Nesta etapa, é realizado também um trabalho conjunto com

especialistas em Ciências Sociais mas tendo como meta a busca de indicativos para a obtenção de temas oportunos para a geração de um currículo de Ciências Naturais.

Na segunda é feita a escolha de situações que encerram contradições vividas e a preparação de suas codificações que serão apresentadas na terceira. Para essa tarefa, trabalhamos em conjunto com profissionais das áreas afins como Biologia, Química e Pedagogia, além dos já citados, uma vez que a nossa formação é em Física. Estas duas primeiras etapas tem tido a duração mínima de seis meses.

Prosegue-se na terceira etapa desenvolvendo-se os diálogos descodificadores das situações escolhidas através de Seminários. As pessoas que desenvolverão futuramente o trabalho em sala, ligadas à localidade, participam desta etapa de maneira sistemática. Este processo é de capital importância para a boa sequência dos trabalhos; os professores contribuem de maneira significativa para a obtenção dos temas geradores e, simultaneamente, revelam dificuldades diversas, alertando à equipe os aspectos que deverão ser tratados com maior dedicação. Os seminários (duração média de 40 horas) são efetuados em épocas alternativas (parte dos períodos de férias) e seus resultados colaboram para a construção do currículo completo para cada série. Nesta ocasião, a dinâmica dos trabalhos é pautada pelos três momentos pedagógicos já citados.

Momentos particularmente ricos em termos de Diálogo são vividos nesta etapa, mediatizados tanto pelo conteúdo, quanto pela metodologia com que eles são abordados. Por vezes, situações conflitivas levadas à frente, acabam por gerar clima que estimula o questionamento de nossa postura enquanto educadores. Temos indicadores que este procedimento é transferido para as salas de aula e vem amadurecendo ao longo dos anos letivos.

De posse de todos os dados e da experiência com aqueles que trabalharão em sala, a equipe se volta para desenvolver a Redução Temática. Conteúdo, sequência e unidades de ensino são definidos. Ao longo de um ano, é produzido o material didático, que é discutido em reuniões periódicas com as professoras irão aplicá-lo. Ele inclui, no caso específico deste projeto, a redação de textos de apoio para professores de:

- 3ª e 4ª séries de escolas do município de São Paulo do Potengi - cidade a 80 Km de Natal, contexto mais definido pelo meio rural, economia agrícola. Temas Geradores (centrais): Seca e Agricultura, elaboradas na primeira fase do projeto (1983 - 85) e acompanhados em 1986 e 1987. Novo tema em 1987, foi solicitado pelas professoras: Sismicidade e Terremotos.

- 1ª e 4ª séries de uma escola estadual de Natal-capital, contexto marcadamente urbano, bairro classe média baixa, "nivelada" urbanisticamente por conjunto habitacional de mais de 20 anos. Tema Gerador (Central): Habitação (como Espaço\_de Vida) elaborado na segunda fase do projeto (1985-87).

Inclui também material experimental de baixo custo para demonstrações e textos eventuais para alunos de 3ª e 4ª séries.

Julgamos imprescindível a produção total de material didático em Ciências para a 1ª à 4ª séries, porque os textos destinados a este nível são invariavelmente de qualidade duvidosa em termos de conteúdo, além de sua concepção essencialmente distinta da nossa. Entretanto, um eventual trabalho voltado para a 5ª - 8ª séries ou segundo grau poderá e mesmo deverá alterar esta atividade, pois existe material produzido em projetos, por equipes que mantem preocupações semelhantes às nossas. Com a devida adequação, o material ou parte dele, seria utilizado.

O conteúdo obtido a partir dos TEMAS GERADORES de cada realidade específica, guarda uma certa sequência essencial. Pensando a partir do início da escolarização, nos preocupamos, em uma primeira fase, com a construção da percepção da realidade como exterior ao aluno e que com ele estabelece relações de complexidade crescente. Parte-se "DAS COISAS" para "NÓS E O MUNDO" onde se estabelecem relações, ou seja, da visão egocêntrica para a antropocêntrica. Nessa fase a ênfase é dada à construção dos Conceitos Primitivos de Espaço, Tempo, Matéria (viva e não viva), a partir da sua relatividade, dos seus constituintes, chegando às suas representações usuais e na aquisição de uma linguagem descritiva e de habilidades de observação, comparação, classificação, discriminação e medidas simples.

Em seguida, articulada com essa fase inicial, trabalhamos num progressivo descentramento da percepção, os seguintes CONCEITOS UNIFICADORES:

- PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO da matéria, bruta e manufaturada, bem como da matéria viva, no espaço e no tempo, apoiando-nos principalmente nas áreas de Física, Química, Tecnologia e Biologia;
- CICLOS E REGULARIDADES, da matéria em transformação no espaço e no tempo, a níveis natural e artificial; a referência aqui é uma introdução a noções de conservação;



- **ENERGIA**, o agente das transformações, algo que permite a diferença das coisas no espaço entre o "antes e o depois". Para os alunos trabalha-se com a noção de "combustível" até o final da 4ª série, para só então introduzir o conceito;
- **ESCALAS**, eventos do tamanho e de duração familiares com a possibilidade de extrapolação para o micro e o macrocosmos e para o instantâneo e o remoto.

Assim, da própria Ciência enquanto atividade humana com suas características próprias, estamos sempre a consultar e refletir para a construção dos materiais didáticos, sabendo claramente que não estamos pensando na formação de futuros cientistas, mas de cidadãos que dela poderão se servir para o exercício de sua profissão (eventualmente, em Ciência) e da cidadania.

Trabalhamos no sentido de apresentar conceitos e relações, priorizando os aspectos de interação e função, ainda que sejam um pouco prejudicadas os aspectos definição, nomenclatura e regras, tão valorizados nos manuais e nas salas do primeiro grau.

Por essa tentativa de compreender o processo de ensino-aprendizagem a partir de suas múltiplas determinações, conduzindo-o sempre sob forma de questionamento, que estamos denominando esse programa de investigação: **CONCEPÇÃO ORGÂNICA DO ENSINO PROBLEMATIZADOR.**

#### **Notas e Referências**

- 1- **DAL PIAN, M.C.** A proposição de objetivos para um curso de Física do Meio Ambiente do RN: Uma questão de Análise Sistemática. Dissertação de Mestrado. S. Paulo, IFUSP/FEUSP. 1981.
- 2- **PERNAMBUCO, M.M.C.A.** Ensino de Ciências a partir de Problemas da Comunidade. Dissertação de Mestrado. São Paulo, IFUSP/FEUSP. 1981.
- 3- **ANGOTTI, J.A.** Solução Alternativa para a Formação de Professores de Ciências. Dissertação de Mestrado. São Paulo, IFUSP/FEUSP. 1982.

- 4 - DELIZOICOV, D. *Concepção Problematizadora para o Ensino de Ciências na Educação Formal. Dissertação de Mestrado. São Paulo, IFUSP/FEUSP. 1982.*
- 5 - *Projeto de Formação de Professores de Ciências Naturais, Ministério da Educação - Guiné Bissau. Gestão: EDI-IRFED, Paris, França. Financiamento: FED-Fundo Europeu de Desenvolvimento.*
- 6.a - DAL PIAN, M.C. et alii - *Agricultura - Material de Apoio. Natal, Editora Universitária, UFRN, 1985.*
- 6.b - PERNAMBUCO, M.M.C.A. et alii - *Saúde - Material de Apoio. Natal, Editora Universitária, UFRN, 1985.*
- 6.c - DELIZOICOV, D. e CASTILHO, N. *Ciências Naturais - Livro do Aluno - 5a classe. Bissau, Imprensa Nacional da Guiné Bissau. 1980.*
- 6.d - DELIZOICOV, D. e CASTILHO, N. *Ciências Naturais - Guia do Professor - 5a classe. Bissau, Ministério da Educação da Guiné Bissau. 1980*
- 6.e - ANGOTTI, J.A. e SIMÕES, I. *Ciências Naturais - Livro do Aluno - 6a classe. Bissau, Imprensa Nacional da Guiné Bissau. 1981.*
- 6.f - ANGOTTI, J.A. e SIMÕES, I. *Ciências Naturais - Guia do Professor - 6a classe. Bissau, Ministério da Educação da Guiné Bissau. 1981.*
- 7 - FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido. São Paulo. Ed. Paz e Terra, 1975.*
- 8 - *Exemplos de publicações que são referências nesta área:*
  - 8.a - HANNOUN.H. *El niño conquista el medio - Buenos Aires. Kapelusz. 1977. Trad. do original em francês A 1a Conquête du Milieu - Paris. Hachette.*
  - 8.b - VILLANI, A. *Conteúdo Científico e Problemática educacional na Formação do Professor de Ciências. Tese de Livre Docência. São Paulo. IFUSP. 1987, cap. IV, pp. 82-113.*

8.c - ZYLBERSTAJN, A., "Concepção Alternativas e Ensino de Física", VI S.N.E.F., Atas (1985) pp. 78-90

9 - DELIZOICOV, D. "O Ensino de Física e a Concepção Freiriana de Educação", - Revista de Ensino de Física, vol. 5 nº 2 - dez/83.

*Referências Bibliográficas*

- ABRAVANEL, C. e ACKERMANN, W. "Language et Communication". In: *Introduction à la Psychologie Sociale*, org. Serge Moscovici. Paris, Librairie Larousse, 1973.
- ANGOTTI, J. A. P. *Solução Alternativa para a Formação de Professores de Ciências*. S. Paulo, Dissertação de Mestrado, IFUSP/FEUSP, 1982.
- ANGOTTI, J. A. P. *Fragmentos e Totalidades no Ensino de Ciências*. S. Paulo, Tese de Doutorado, FEUSP, 1991
- ANGOTTI, J. A. P. e SIMÕES, I. *Ciências Naturais - Livro do Aluno - 6ª Classe*. Bissau, Imprensa Nacional da Guiné Bissau, 1981.
- ANGOTTI, J. A. P. e SIMÕES, I. *Ciências Naturais - Guia do Professor - 6ª Classe*. Bissau, Ministério da Educação da Guiné Bissau, 1981a.
- BACHELARD, G. *O Racionalismo Aplicado*. Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1977. Original francês de 1949.
- BACHELARD, G. *A Filosofia do Não*. S. Paulo, Abril Cultural, 1978. Coleção Os Pensadores. Original francês de 1940.
- BACHELARD, G. *O Novo Espírito Científico*. S. Paulo, Abril Cultural, 1978a. Coleção Os Pensadores. Original francês de 1934.
- BACHELARD, G. *La Formation de L'esprit Scientifique*. Paris, Librairie Philosophique J. Vrin, 1983a.
- BACHELARD, G. *Epistemologia - Trechos Escolhidos*, preparado por Dominique Lecourt. Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1983b. Original francês de 1971.
- BARBICHON, G. "La Difusion des Connaissances Scientifiques et Techniques, Aspects Psychosociaux." In: *Introduction à la Psychologie Sociale*. Org. Serge Moscovici. Paris, Librairie Larousse, 1973.

- BERNAL, J. D. *Ciência na História*. Lisboa, Livros Horizonte 1976. Vol - 2. Original inglês.
- BURTT, E. A. *As Bases Metafísicas da Ciência Moderna*. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 1983. Original inglês de 1932.
- BUTTERFIELD, H. *Los Orígenes de la Ciencia Moderna*. Madrid, Taurus Ediciones, 1982. Original inglês.
- CARAÇA, B. J. *Conceitos Fundamentais da Matemática*. Lisboa, Gráfica Brás Monteiro, 1975.
- CARNEIRO, F. L.(org.). *350 Anos dos "Discorsi intorno a due nuove scienza" de Galileo Galilei*. Rio de Janeiro, Ed. Marco Zero/Núcleo de Publicações da COPPE, 1989.
- CARRAHER, T. et alii. *Na Vida dez, na Escola Zero*. S. Paulo, Cortez Editora, 1989.
- CHIAROTTINO, Z. *Psicologia e Epistemologia Genética de Jean Piaget*. S. Paulo, Ed. Pedagógica e Universitária, 1988.
- CHOMSKY, N. *Aspects of the Theory of Syntax*. Massachusetts, M.I.T. Press, 1965.
- DAL PIAN, M. C. *The Characterization of Communal Knowledge: Case Studies in Knowledge relevant to Science and Schooling*. Londres, PhD. Thesis, University of London, 1990.
- D'AMBROSIO, U. *Sócio - Cultural Bases for Mathematics Educations*. Campinas, Centro de Publicações da UNICAMP, 1985.
- DELIZOICOV, D. *Concepção Problematicadora do Ensino de Ciências na Educação Formal*. S.Paulo, Dissertação de Mestrado, IFUSP/FEUSP, 1982.
- DELIZOICOV, D. "Ensino de Física e a Concepção Freiriana da Educação." In: *Revista de Ensino de Física*, vol.5, n 2, S. Paulo, dez/83.

- DELIZOICOV, D. e CASTILHO, N. *Ciências Naturais - Livro do Aluno - 5ª Classe*. Bissau, Imprensa Nacional da Guiné Bissau, 1981.
- DELIZOICOV, D. e CASTILHO, N. *Ciências Naturais - Guia do Professor - 5ª Classe*. Bissau, Ministério da Educação da Guiné Bissau, 1981a.
- DELIZOICOV, D. e ANGOTTI, J. A. P. *Metodologia do Ensino de Ciências*. S. Paulo, Cortez Editora, 1990.
- DELIZOICOV, D. e ANGOTTI, J. A. P. *Física*. S. Paulo, Cortez Editora, 1991.
- ECO, U. *O signo*. Lisboa, Editorial Presença, 1981. Original italiano de 1973.
- EPSTEIN, I. *Revoluções Científicas*. S. Paulo, Editora Atica 1988.
- FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro, Editora Paz e Terra, 1975a.
- FREIRE, P. *Extensão ou Comunicação ?*. Rio de Janeiro, Editora Paz e Terra, 1975b.
- FREIRE, P. *Ação Cultural para a Liberdade*. Rio de Janeiro, Editora Paz e Terra, 1976.
- GARCIA, R. "Conceptos Básicos para el Estudio de Sistemas Complejos." In: *Los Problemas del Conocimiento y la Perspectiva Ambiental*. Enrique Leff (editor). México, Siglo XXI, 1986.
- GOLDMANN, L. *Ciências Humanas e Filosofia*. S. Paulo, Difusão Editorial, 1980. Original francês de 1951.
- GOLDMANN, L. "Importância do Conceito de Consciência Possível para a Comunicação.". Conferência publicada em *Colóquios Filosóficos Internacionais de Royamont* (Mimeo). Sem data. Original francês In: *Cahiers de Royamont*.
- GREENE, J. *Pensamento e Linguagem*. Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1976. Original inglês de 1975.

- GREENE, J. *Psicolinguística*. Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1980. Original inglês de 1972.
- HANSON, N. R. *Patrones de Descubrimiento. Observación y Explicación*. Madrid, Alianza Editorial, 1985. Original inglês.
- HEISENBERG, W. *Física e Filosofia*. Brasília, Editora Univ. de Brasília, 1987. Original inglês de 1958.
- HUBERMAN, L. *História da Riqueza do Homem*. Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1971. Original inglês.
- JAHODA, G. "La Culture et la Perception Visuelle.". In: *Introduction à la Psychologie Sociale*, org. Serge Moscovici. Paris, Librairie Larousse, 1973.
- JAPIASSU, H. *Para Ler Bachelard*. Rio de Janeiro, Livraria Francisco Alves Editora, 1976.
- KOYRE, A. *Estudos da História do Pensamento Científico*. Brasília, Editora da Univ. de Brasília, 1982. Original francês de 1973.
- KOYRE, A. *Do Mundo Fechado ao Universo Infinito*. Rio de Janeiro, Editora Forense Universitária, 1986. Original inglês de 1957.
- KOYRE, A. *Galileu e Platão*. Lisboa, Gradiva, s.d..
- KUHN, T. S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. S. Paulo, Editora Perspectiva, 1975. Original inglês de 1962.
- KUHN, T. S. "Lógica da Descoberta ou Psicologia da Pesquisa?". In: *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*. Org. Imre Lakatos. S. Paulo, Cultrix/Edusp, 1979a. Original inglês de 1970.
- KUHN, T. S. "Reflexões Sobre Meus Críticos.". In: *A crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*. Org. Imre Lakatos. S. Paulo, Cultrix/Edusp, 1979b. Original inglês de 1970.

- KUHN, T. S. *La Tension Esencial*. México, Fondo de Cultura Economica, 1987.  
Original inglês de 1977.
- LANE, S. T. M. et alii. *Psicologia Social*. S. Paulo, Editora Brasiliense, 1984.
- LEBOUTET, L. "Utilizacion de la Linguistique pour L'analyse d'un Questionnaire de Connaissance Scientifique.". In: *Rev. Psychologie Française*, vol. XII, n 3, 1967.
- LE GOFF, J. *Mercadores e Banqueiros da Idade Média*. Lisboa, Editora Gradiva, 1982.  
Original francês.
- LIBANEO, L. C. *Democratização da Escola Pública*. S. Paulo, Edições Loyola, 1987.
- LOSEE, J. *Introdução Histórica a Filosofia da Ciência*. Belo Horizonte, Editora Itatiaia, 1979. Original inglês.
- MASTERMAN, M. "A Natureza de um Paradigma.". In: *A crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*. Org. Imre Lakatos. S. Paulo, Cultrix/Edusp, 1979.  
Original inglês de 1970.
- MENEZES, L. C. "Novo (?) Método (?) para Ensinar (?) Física (?)". In: *Revista de Ensino de Física*, Vol. 2, n 2, maio/80. Original inglês In: *Cambridge Journal of Education*, Vol. 7, n 3, 1977.
- MENEZES, L. C. *Crise, Cosmos, Vida Humana. Física para uma Educação Humanista*. S. Paulo, Tese de Livre Docência, IFUSP, 1988.
- MIGNE, J. "Les Obstacles Epistemologiques et la Formation des Concepts.". In: *Education Permanente*, Vol. 2, 1968.
- MOSCOVICI, S. et alii. *Psychologie Sociale*. Paris, Presses Universitaires de France, 1984.
- NASCIMENTO, C. A. R. *Ciência e Fé*. S. Paulo, Editora Nova Stella, 1988.



- NEEDHAM, J. *La Gran Titulacion. Ciencia y Sociedad en Oriente y Occidente*. Madri, Alianza Editorial, 1977. Original inglês de 1969.
- NICOLAI, A. *Comportamento Econômico e Estruturas Sociais*. S. Paulo, Companhia Editora Nacional, 1973. Original francês de 1960.
- PALMARINI, M. P. (Org.). *Teorias da Linguagem. Teorias da Aprendizagem*. S. Paulo, Cultrix/Edusp, 1983. Original francês de 1979.
- PERNAMBUCO, M. M. C. et alii. "Projeto Ensino de Ciências a Partir de Problemas da Comunidade.". In: *Atas do Seminário Ciência Integrada e/ou Integração Entre as Ciências: Teoria e Prática*. Rio de Janeiro, Editora da UFRJ, 1988.
- PIAGET, J. *A Equilíbrio das Estruturas Cognitivas*. Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1976. Original francês de 1975.
- PIAGET, J. "Les Relations Entre Subject et L'objet Dans la Connaissance Physique.". In: *Encyclopedie de la Pléade, Logique et Connaissance Scientifique*. Paris, Editions Gallimard, 1976.
- PIAGET, J. et INHELDER, B. "Estratégias VIII - Procedimentos e Estruturas.". (Mimeo). Original francês In: *Archives de Psychologie, 1979, 47, 161 - 176*.
- PIAGET, J. et GARCIA, R. *Psicogenesis y História de la Ciência*. México, Siglo XXI Editores, 1984.
- PIMENTA, S. G. et GONÇALVES, C. L. *Reverendo o Ensino de Segundo Grau, Propondo a Formação de Professores*. S. Paulo, Cortez Editora, 1990.
- POPPER, K. *A Lógica da Pesquisa Científica*. S. Paulo, Editora Cultrix, 1975.
- POPPER, K. "A Ciência Normal e seus Perigos.". In: *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*. Org. Imre Lakatos. S. Paulo, Cultrix/Edusp, 1979, Original inglês de 1970.
- PRADO JUNIOR, C. *Notas Introdutórias à Lógica Dialética*. S. Paulo, Editora Brasiliense, 1961.

- PRIGOGINE, I. et STENGERS, I. *A Nova Aliança*. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 1984. Original francês.
- ROSSI, P. *Os Filósofos e as Máquinas*. S. Paulo, Companhia das Letras, 1989. Original italiano.
- RUSSEL, B. *História da Filosofia Ocidental*. S. Paulo, Companhia Editora Nacional, 1967. Vol - 3. Original inglês de 1946.
- SARAIVA, J. A. F. *A Teoria de Piaget como Sistema de Referência para a Compreensão da "Física Intuitiva"*. S. Paulo, Dissertação de Mestrado, IFUSP/FEUSP, 1986.
- SEGRE, E. *Dos Raios X aos Quarks*. Brasília, Editora da Univ. de Brasília, 1987. Original italiano de 1976.
- SNYDERS, G. *Escola, Classe, e Luta de Classes*. Lisboa, Moraes Editores, 1981. Original francês de 1976.
- SNYDERS, G. *A Alegria na Escola*. S. Paulo, Editora Manole, 1988. Original francês.
- STRYER, L. *Bioquímica*. Barcelona, Editorial Reverté, 1982.
- THUILLIER, P. "Epistemologia, Cultura, Pedagogia: a Primeira Jornada dos Discorsi.". In: *350 Anos dos "Discorsi Intorno a Due Nuove Scienza" de Galileo Galilei*. Org. Fernando Lobo Carneiro. Rio de Janeiro, Editora Marco Zero/Núcleo de Publicações da COPPE, 1989.
- ULLMO, J. "Les Concepts Physiques.". In: *Encyclopedie de la Pleiade, Logique et Connaissance Scientific*. Paris, Editions Galimard, 1976.
- VILLANI, A. *Conteúdo Científico e Problemática Educacional - Na Formação do Professor de Ciências*. S. Paulo, Tese de Livre Docência, IFUSP, 1987.
- VILLANI et alii. "Analisando o Ensino de Física: Contribuições de Pesquisas com Enfoques Diferentes". In: *Re-vista de Ensino de Física*, Vol. 5, dez/82.

VYGOTSKY, L. *A formação Social da Mente*. S. Paulo, Martins Fontes Editora, 1984. Original inglês.

VYGOTSKY, L. *Pensamento e Linguagem*. S. Paulo, Martins Fontes Editora, 1987.

WHITEHEAD, A. N. *A Ciência e o Mundo Moderno*. S. Paulo, Editora Brasiliense, 1951. Original Inglês.

WHITEHEAD, A. N. *Os Fins da Educação*. S. Paulo, Companhia Editora Nacional/Edusp, 1969. Original inglês.

WHITTAKER, E. *A History of the Theories of Aether and Electricity*. Londres, Thomas Nelson and Sons, 1951.

ZANETIC, J. *Física Também é Cultura*. S. Paulo, Tese de Doutorado, FEUSP, 1989a.

ZANETIC, J. *Textos de Evolução - n 4*. S. Paulo, IFUSP, 1989b. Mimeo.

ZYLBERSZTAJN, A. "Concepções Espontâneas em Física: Exemplos em Dinâmica e Implicações para o Ensino." In: *Revista de Ensino de Física*, vol.5, n 2, 1983.