BACHELARD E A QUÍMICA: no Ensino e na Pesquisa apresenta o pensamento do filósofo francês, aplicado a questões da Química e do ensino de Ciências.

Recolhe e aplica vários textos do autor sobre assuntos como: evolução de conceitos e o perfil epistemológico, ruptura histórica (interna à ciência) e ruptura do pensamento científico com o senso comum, obstáculo epistemológico, o significado do real em ciência e outras idéias do interesse do pesquisador e do professor.

Além disso, traz ao público princípios, críticas e comentários que podem colaborar para uma dinamização da praxis pedagógica.

BACHELARD E A QUÍMICA Letícia T. S. Parente

Letícia T. S. Parente

BACHELARD E A QUÍMICA

no ensino e na pesquisa

EUFC

LETÍCIA TARQUÍNIO DE SOUZA PARENTE, é baiana de Salvador. Estudou Química na Universidade Federal da Bahia. Trabalhou no interior de Minas Gerais, Sabinópolis, como professora e diretora de Ginásio local. Mudando-se em 1959 para Fortaleza, lá viveu até 1977, tornando-se Professora Titular de Química na Universidade Federal do Ceará, onde implantou o Curso de Pós-graduação em Química Inorgânica. Nesse intervalo, tornou-se Mestre e Livre Docente em Química no Rio de Janeiro e, logo a seguir, Mestre em Filosofia da Educação pelo IESAE-FGV. É pesquisadora do CNPq na área de Educação em Ciências. Desde 1978 é Professora no Departamento de Química da PUC-RJ. Em 1987 passou a dirigir o Centro de Ciências do Estado do Rio de Janeiro, (órgão vinculado à SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA), onde desenvolve programas de Educação em Ciências e reciclagem de professores de 1.º e 2.º graus.

Publicou 03 livros: "Química, profissão do Químico", "Eletronegatividade" e "Lítio Metal Precioso" (em colaboração).

BACHELARD E A QUÍMICA:

No ensino e na pesquisa

Universidade Federal do Ceará

Reitor
Prof. Raimundo Hélio Leite

EDIÇÕES UFC

Editor
Prof.ª Ivonete Maia

Capa
Lia de Souza Parente

Composição, Impressão e Acabamento
Imprensa Universitária

Fortaleza — Ceará
1990

Impresso no Brasil
Printed in Brazil

Letícia Tarquínio de Souza Parente

BACHELARD E A QUÍMICA:

No ensino e na pesquisa

Edições Universidade Federal do Ceará

Fortaleza
1990

Este livro originado numa tese de Mestrado em Filosofia de Educação (IESAE – FGV – Rio de Janeiro) em 1985, foi aprovado ainda naquele ano pela Comissão Editorial da Universidade Federal do Ceará.

As vicissitudes da instituição universitária, só agora permitiram sua publicação.

As obsolências de algumas partes do capítulo II e outras falhas que tenham a ver com a cronologia, correm por conta desse fato.

Ficha catalográfica feita p/bibliotecária Thelma Marylanda S. Melo
CRB-623/3

L252b Parente, Letícia Tarquínio de Souza

Bachelard e a química: no ensino e na pesquisa/Letícia Tarquínio de Souza Parente. – Fortaleza: Ed. da Universidade Federal do Ceará/Stylus Publicações, 1990.

144 p.: il.

1. Química – epistemologia
I. Título

CDU: 54.000.165

"L'avenir des connaissances de la matière a pris, en deux petits siècles, une telle variété de perspectives qu'aucuncerveau humain ne peut prevoir les plus prochains bilans des découvertes expérimentales, non plus que les mutations théoriques probables." Bachelard, MR. p. 4.

"La nature voulant faire vraiment de la chimie a finalement créé de le Chimiste." Bachelard, MR. p. 33.

"... La chimie proprement dite est dans les métamorphoses, dans les générations de la matière, c'est là son caractère fondamental. Elle devoide, dans les corps, leur origine et leur fin. La physique ne les considère qu'en tant qu'ils persistent." (Gerhardt, Introduction à l'etude de la chimie par le système unitaire, p. 9) – Bachelard, MR. p. 34.

À Memória de Juliana Joffily.

Aos meus alunos do Primário,
Ginásio, Graduação e
Pós-Graduação.

Apresentação

Letícia Parente é uma pessoa invulgar, poderia dizer mesmo rara, entre nós. Uma pessoa que, sem se preocupar com modismos, vem trabalhando há trinta anos no ensino da Química no Brasil. Ensino que para ela é, acima de tudo, um relacionamento entre ensinante e ensinado. Ao longo desses anos Letícia contribuiu para a formação de um grande número de jovens e no exercício dessa atividade construiu sua carreira na Universidade.

Mais recentemente Letícia Parente se interessou pela epistemologia de Gaston Bachelard, a quem Letícia sentiu-se atraída, creio, por se tratar de um dos raros filósofos de grande fôlego com formação de químico. Através de Bachelard renovou Letícia sua percepção da importância do método crítico ou epistêmico no ensino de uma ciência como a Química.

O resultado do encontro desses interesses, um antigo na sua vida, o outro mais novo mas já definido, foi este livro que temos o prazer de prefaciar. Retirado do contexto limitante de tese acadêmica, este livro não é apenas importante na sua área específica, mas será de grande utilidade para os pesquisadores brasileiros bem como para outros ligados à produção cultural do país.

Um prefácio não deve ser longo. Comecemos a ler o que Letícia Parente tem a nos dizer sobre **Bachelard e a Química.**

Ricardo Ferreira

Sumário

INTRODUÇÃO 13

CAPÍTULO 1 – ASPECTOS TEÓRICOS DA EPISTEMOLOGIA DE BACHELARD 29

CAPÍTULO 2 – PROPOSTA DE ATUAÇÃO 89

2.1. **Embasamento epistemológico do ensino e da Pesquisa** 90

2.1.1. Valorização do erro e realce da interferência dos obstáculos epistemológicos 90

2.1.2. Revisão crítica e reformulação de perspectivas metodológicas 97

2.1.3. Dialetização da prática do ensino e da pesquisa 112

2.1.4. Ativação da polêmica como momento construtor 118

2.2. **A socialização efetiva e ampla da química com a análise de suas conseqüências** 125

2.3. **A localização, caracterização e avaliação da cidade dos cientistas químicos** 129

BIBLIOGRAFIA 135

NOTAS 143

Introdução

No dia a dia da vida universitária, necessário se torna atenuar as dificuldades que envolvem o desenrolar das atividades de ensino e pesquisa química.

O primeiro passo é sem dúvida localizá-las a fim de que se possa em seguida estabelecer linhas de atuação.

Em recente trabalho sobre o tema (116) tentei caracterizar mediante a utilização de questionários, inquéritos e observação participante os diversos aspectos da problemática.

Resultou daí poder estabelecer uma seqüência de questões de maior ou menor gravidade.

A primeira delas consiste no próprio relacionamento entre ensino e pesquisa na área da química; as seguintes são problemas específicos do ensino provenientes na maioria dos casos, da falta de princípios filosóficos que fundamentem tanto os aspectos pedagógicos quanto os científicos (químicos) das atividades de magistério. Por outro lado, não ficou evidente que seja desnecessária aos pesquisadores, uma revisão do seu proceder científico, que, aumentando a lucidez com respeito ao próprio trabalho, possibilitasse a eles próprios transmitir através do convívio profissional ou do ensino, uma concepção de ciência mais pertinente com a que eles próprios professam.

A questão das relações entre a produção de conhecimento e sua transmissão na prática docente é um assunto que polariza a preocupação da comunidade química do país. Constantemente vem à tona no dia-a-dia dos departamentos universitários, nos questionários e relatórios das agências governamentais (como em recentes questionários da Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de

Nível Superior (CAPES), (1) nos debates e nas mesas-redondas de encontros regionais e nacionais das sociedades científicas.

Na crise global da universidade, o problema da relação entre ensino e pesquisa chegou também ao clímax do exacerbamento; e está a exigir, não regras fixas, ou saídas demarcadas, mas novos enfoques de avaliação, subsídios para um nível mais profundo de análise, enfim, alimento substancial para se desvendarem novos sentidos em termos desgastados pelo uso repetitivo e formal.

A coexistência do ensino e da pesquisa no exercício do magistério é, sem dúvida, uma exigência da vida universitária, destinada necessariamente à transmissão e produção de conhecimento. A indissociabilidade dessas funções, porém, não é de todo tranqüila quando se torna uma imposição, sem nuances e diferenciação, feita à pessoa de cada professor.

Hoje vêem-se mais claro os obstáculos ao desempenho equilibrado de duas funções, que exigem, bem nitidamente, qualidades bastante diversas e paixões obviamente diferenciadas. Mas no curso do tempo em que tenho transitado pelos corredores dessa vivência, pude ir encontrando desde contribuições teóricas a práticas efetivas que me alegram com promessas de bons frutos.

Um aprimoramento da vida universitária favorecerá uma situação melhor no ensino por parte daqueles mais bem dotados para a pesquisa e uma atuação maior na pesquisa por parte dos mais bem aquinhoados para o ensino.

Conquanto sejam veiculadas através dos cursos de licenciatura e outros de aperfeiçoamento pedagógico dos professores não especialistas em pedagogia, nem sempre as *idéias didáticas* são radicadas numa filosofia feliz ou adequada, e não seria pois de estranhar que muitos pesquisadores se recusassem sadiamente ao seguimento de receitas. Com isso, de certo modo, torna-se até benfazeja essa reação, que os torna aptos a identificar uma orientação pedagógica mais pautada em princípios que lhes mereçam confiança.

O aprofundamento das questões abre muitas alternativas para

* Questionários para Professores e Pós-Graduados de Avaliação da Reforma Universitária.

a superação dos conflitos, desde que alguns princípios sejam respeitados e a filosofia adequada seja difundida e adotada.

O primeiro princípio seria o de transferir para a célula institucional, ou seja, o departamento, a responsabilidade primeira quanto à indissociabilidade das funções magisteriais de ensino e pesquisa. E admitir, numa sábia e flexível distribuição de tarefas, a participação de cada docente em proporções numa e noutra dessas funções, respeitadas sua vocação e aptidões pessoais.

O segundo princípio seria oriundo da própria natureza social da ciência. Mesmo sem precisar apelar para a filosofia, constata-se que a ciência no mundo contemporâneo não pode ser feita individualmente. Por força dessa realidade, não há pesquisador que possa trabalhar isolado. Conseqüentemente, terá de contribuir de alguma forma para a formação de seus auxiliares, sendo esta sem dúvida uma ação especificamente educativa. Quando integrada no sistema de ensino seria uma atividade restrita, no mínimo, à área de pós-graduação, através da orientação de teses ou de cursos especializados.

Uma vez posta e reconhecida, contudo, a obrigatoriedade do ensino e da pesquisa na vida acadêmica, necessário se torna o surgimento de um campo especulativo de interesse comum. Nada mais natural que ele seja um maior conhecimento da própria química enquanto ciência, ou seja, a posse das particularidades de sua epistemologia — tomada enquanto disciplina que regulamenta a produção do saber científico de cada ciência em particular. Isto conduzirá à criação de um território comum de crescimento, intercâmbio e participação para todos os membros de um departamento universitário, ainda que tenham tendências diferenciadas em grau e extensão para atividades docentes ou de investigação.

Vale lembrar que, em boa hora aconteceu uma abertura promissora para a pesquisa sobre assuntos ligados ao ensino da química. Infelizmente, nem todos ainda consideram com convicção que essa é também uma pesquisa química. Aliás, diga-se de passagem, algumas agências financiadoras de pesquisa nem sempre sabem situar, com a cumplicidade dos próprios cientistas, um pedido de auxílio dessa natureza, ficando o mesmo a rolar entre a educação

geral e as diversas disciplinas de área específica. A análise de sua produção mais recente é animadora, e, em alguns desses trabalhos sobre ensino de química, são facilmente evidenciadas tendências de caráter epistemológico.

Deixando de lado soluções imediatistas e exclusivamente de ordem prática, optei por ficar, no âmbito deste trabalho, circunscrita a apresentação de alguns enfoques teóricos e a aplicação deles em situações de entrosamento do ensino e pesquisa como também de desenvolvimento de um ou outro respectivamente.

Na primeira parte deste trabalho, é proposta uma interpretação da epistemologia de Gaston Bachelard, fundada na exploração de alguns conceitos pertinentes aos problemas visados.

Ninguém fez uma ligação tão profunda quanto Bachelard entre o desenvolvimento filogenético da ciência ao longo do desenvolvimento da espécie humana e a construção do pensamento científico de modo ontogenético no momento pessoal de cada cientista, de cada aluno ou de vários em comunhão. Não é à toa que Piaget assim fala:

> "Pelo que se possa dizer da epistemologia genética especializada no estudo do acrescimento como tal dos conhecimentos, a obra de Bachelard constitui a soldagem mais íntima entre análise histórica e preocupação genética, pela constante precisão com que localiza o problema epistemológico nas transformações das próprias." (1)

Portanto, ninguém mais adequado a ser ouvido e até mesmo seguido no momento em que se pretende aproximar ensino — espaço onde se promove a geração ontogenética dos conhecimentos — da pesquisa — espaço da geração filogenética da produção científica.

Sem dúvida alguma, Bachelard é o pensador contemporâneo que melhor contribuiu para o assentamento da epistemologia química. Mesmo registrando que só trata dos aspectos cognitivos, deixando de fora outras perspectivas necessárias à consideração de

(1) PIAGET, J. *Introduction à L'epistemologie Génétique*. T. II, p. 330

uma ciência, e que é um apologista radical da química, silenciando suas falhas e comprometimentos, é preciso reconhecer que ele instituiu com relação a essa ciência um pensamento de tal forma revelador, sem deixar de ser crítico; de tal forma renovador, sem deixar de ser rigoroso e preciso, que se interpõe como trecho obrigatório no caminho que conduz à sua verdadeira compreensão. Na sua obra, a epistemologia é tratada como a disciplina que estuda as leis que regulamentam a produção da ciência como tipo peculiar de conhecimento, tanto no aspecto genético quanto no transformacional.

Certos conceitos criados por Bachelard são indispensáveis para o exercício lúcido das funções de ensinar e pesquisar. Nenhum docente de química poderá ignorar propostas que se tornaram fatos culturais consagrados em nossos dias. Conhecer e utilizar categorias epistemológicas tais que *ruptura, obstáculo, perfil, erro, polêmica, dialetização de conceitos científicos, dialetização da relação aluno-professor, cidade dos cientistas*, é uma exigência decorrente do dever de contemporaneidade para o bom desempenho profissional.

Alguns desses conceitos, como os de corte epistemológico, obstáculo epistemológico e algumas práticas como a sugestão aos cientistas e seus aprendizes de elaborar seu próprio perfil epistemológico, parecem-nos da maior importância no sentido de integrar numa raiz de fundamentos e de gestos comuns os atos de ensinar e de pesquisar.

Em Bachelard o cientista encontrará subsídios para uma reflexão filosófica sobre a própria atividade, o que lhe permitirá alcançar uma lucidez maior com relação à qualidade epistêmica de seu trabalho. Ademais, sua contribuição possibilita a descoberta de mecanismos cegos subjacentes que, como um peso morto, invalidam as asas do pensamento científico que busca ser livre e mais transparente à verdade.

A demonstração do caráter social da ciência, como um valor a ser conservado e aprimorado, mas bastante comprometido com todos os níveis e formas de poder, dá-nos matéria farta à reflexão e a uma tomada de posição mais consciente.

Optamos enfim por Bachelard:

Pela esperança com que envolve a conquista da verdade, essa meta sempre buscada e nunca alcançada em sua plenitude, esse ser que sempre cresce e no entanto é sempre testemunho da própria incompletude.

Por ser um dos poucos filósofos que tem como assunto central de suas reflexões a química, ciência a que dedicou seus primeiros anos de magistério.

Por nos ter proporcionado uma visão da ciência química como uma realidade aberta, em crescimento incessante, capaz de, pelo seu exercício, fecundar o espírito humano para outras manifestações igualmente necessárias de racionalidade — demonstrando então seu caráter formativo e cultural.

Igualmente, por ter valorizado a linguagem científica, que destacou como parte integrante do próprio corpo da ciência. Com relação a essa linguagem demonstrou honrosa exigência, conferindo-lhe a justa amplitude. Liberou-a dos estreitos limites da nomenclatura e notação, para lançá-la num campo mais vasto, em que aparecem outras modalidades de representação.

Por fim, pela eqüidade com que considera, embora distinguindo-as, a relevância das funções de ensinar e de pesquisar. Ligando-as por recíproca dependência, fez de uma a serva da outra, nos limites da cidade dos cientistas, esta transformada ao mesmo tempo em matriz e escola dessa ciência.

Se há ressalvas a fazer ao pensamento de Bachelard é por ter ele deixado fora da discussão problemas que são para muitos de extrema relevância. Muitos deles são mencionados pelo autor, que reconhece assim a sua existência, mas como que implicitamente, e arrola-os como temas a serem tratados posteriormente. É o caso do problema da neutralidade da ciência e o da competição entre os cientistas. Nestes casos, não teriam sido relegados por irrelevantes, mas ao contrário, pela sua complexidade, a impossibilitar sua abrangência nos orlas de uma obra quase exclusivamente dedicada aos aspectos cognitivos e pedagógicos da criação científica.

Essas limitações perceptíveis em Bachelard não lhe diminuem a importância nem a aplicabilidade. Como diz Canguillem Bachelard, "rotulado de idealista é o homem que utiliza o erro como um elemento que tem primazia sobre a certeza" na construção da verdade, postura que nada tem de idealista. E, concordando com Lecourt, é o pensador que aponta o movimento dialético contínuo do processo de criação científica do espírito humano, pelo qual dá-nos instrumentos de superação do empirismo, do positivismo, do historicismo cronológico, do realismo das primeiras impressões.

Uma primeira indagação que surge da obra de Bachelard diz respeito ao problema gerado pela relação entre o que ele chama de ruptura epistemológica e o obstáculo epistemológico. Para abordar essa questão, procurarei sumariamente, como cabe nesta introdução, definir os conceitos de ruptura e de obstáculo.

A ruptura epistemológica surge em meio ao problema da emergência do conhecimento próprio da ciência. Bachelard foi o primeiro a utilizar este termo para indicar uma descontinuidade entre o conhecimento comum e o conhecimento científico. Depois ele se tornou uma categoria de uso freqüente no discurso contemporâneo. Para Bachelard, não há uma passagem inconsútil no tecido do conhecimento vulgar que, amadurecendo, transforme-se em científico. Não, ele argumenta fortemente a favor de um corte, de um salto de natureza qualitativa, essencial.

Há ainda uma outra ruptura, esta identificada por Bachelard no domínio mesmo da ciência. Nessa segunda acepção, ela aparece quando, no território da ciência, passa-se de um estágio do desenvolvimento de um conceito para outro mediante aquele passo, ou salto; a que se costuma designar por "revolução científica".

Com relação ao obstáculo epistemológico, ele é definido por Bachelard.

> "como uma espécie de necessidade funcional de lentidão e perturbação que causa inércia, estagnação e regressão relativamente à aquisição do conhecimento (...). Não advém da complexidade dos fenômenos, nem da fraqueza do espírito ou dos sentidos (...) Advém de um impedimento que aparece no próprio ato de conhecer." (1)

(1) FES, p. 13.

Não nos interessa, como diz Lecourt, denunciar ou constatar simplesmente as limitações de Bachelard; se as referimos, é antes para "pensá-las e, em pensando-as, achar um meio de superá-las".

Do que foi dito acima sobre ruptura e obstáculos surge uma questão tacitamente formulada e não respondida, que seria: — por que, apesar do corte da ciência com o pensamento comum por que, apesar da ruptura, permanecem e continuam se formando na geração de cientistas, uma após outra, antigos e novos obstáculos epistemológicos?

Outra questão seria a seguinte: Bachelard não situa a ruptura do conhecimento científico com relação às ideologias ou à ideologia sub-repticiamente presente no cientista e na ciência.

Falta a ele uma história da ciência relacionada à ideologia e à sua história. A ideologia tomada aqui no sentido "de relação imaginária dos homens com suas condições materiais de existência" (Marx — *Ideologia alemã...*).

Sobrecarrega a libido, como argumento psicanalítico a permear o fundo donde se extraem os conceitos científicos, mas encobre a dificuldade de pensar uma história "diferencial" da ciência e da tecnologia. (1)

Segundo Lecourt (2) esta seria "pensar em conjunto várias histórias de estatuto diferente". Ou seja, considerar a interação recíproca das diferentes histórias e da ciência com a da ideologia e principalmente com a própria história no seu sentido mais amplo.

Assim sendo, como conseqüência, enclausurou a cidade dos cientistas em limites impermeáveis como se responsável e determinante de suas próprias regras de viver.

Mais uma vez, contudo, a mesma pensadora demonstra a contradição dessa utopia: a que levariam as considerações de Bachelard sobre o papel da instrumentação na fenomenotécnica. Ora, se a fenomenotécnica é capaz de alterar os conceitos, ou de gerar as essências, e se os instrumentos dessa fenomenotécnica estão ligados às técnicas de produção da "pólis", como pode ser a história da ciência desvinculada da história da cidade técnica da sociedade e

(1) LECOURT, D. *Pour une critique de L'épistémologie.* p. 35.
(2) Ibid. p. 33.

do Estado, se, segundo o próprio Bachelard, "só a sociedade pode lançar a eletricidade num fio"... ?

Para ele, há um contínuo entre o racionalismo que privilegia a descoberta e o que privilegia a prova. A ciência está em incessante fundação. Isso não significa, porém, contingência ou incerteza da descoberta. E porque sua racionalidade é produtora de descobertas que o materialismo científico é uma ciência do futuro.

> "A contingência das descobertas científicas não passa muitas vezes da óptica do ignorante (...) Só surpreende aos que não desfrutam da tensão de pesquisa que anima a cidade científica. Diante da descoberta, o sábio moderno se 'maravilha', compreendendo (...). Estão dialeticamente interligadas a síntese global e a problemática em que cada um trabalha." (1)

Dessa forma, a promoção de um fato à categoria de descoberta é da responsabilidade do conjunto da cidade científica. A origem, do movimento, o passo entre o germe do conhecimento e sua constituição em problemática, na subjetividade do pesquisador, não é objeto da consideração de Bachelard. Aliás, ele se mostra desinteressado dos aspectos pessoais do cientista. Ao se referir à problemática da competição e do comportamento quotidiano, afirma:

> "Poderiam nos criticar pelo fato de tratarmos o problema do outro (ou outro trabalhador da prova) de um modo 'tão desencarnado'. Teríamos prazer, sem dúvida, em tratar de outra forma os grandes problemas da amizade e da rivalidade humana, e participar dos debates tão animados da filosofia antropológica contemporânea. Mas esta não é nossa tarefa na presente obra. Só tratamos de problemas *metapsicológicos* colocados pelo pensamento racionalista." (2)

(1) MR., p. 7.
(2) RA., p. 64.

Perante a realidade dos problemas quotidianos dos homens e de sua organização político-social, que se entremeia na problemática científica e vice-versa não se pode deixar de acentuar a necessidade de uma *epistemologia dialetizada*, ela própria a clamar por fundamentos numénicos fora dos seus argumentos específicos, fundamentos esses oriundos da sociologia e da história da ciência.

É como se, citando mais uma vez Lecourt, (82) "a evolução da conjuntura científica exigisse conceber, no sentido bachelardiano do termo, uma epistemologia não bachelardiana"...

Nesse espaço de afluência integralizadora de outras ciências, poder-se-iam inserir perspectivas críticas da suposta neutralidade da ciência e de sua hegemonia no mundo atual.

Diga-se que, para as exigências desse debate, de cunho inter e supra-disciplinar, o corpo de participantes extrapolaria as próprias fronteiras acadêmicas abrangendo necessariamente o âmbito mais amplo da cidade dos cientistas.

Neste trabalho foram realçadas principalmente as acepções em que Bachelard emprega as seguintes categorias: *realidade, racionalismo, dialetização* ou *dialética*. Procurei expor de forma analítica e exemplificada alguns conceitos criados pelo autor: a *dúvida potencial, o valor do erro,* a *ruptura epistemológica* com relação ao senso comum, a *ruptura epistemológica* que chama de histórica, os *obstáculos epistemológicos* e a *cidade científica*. Expus seus principais argumentos para a valorização da *polêmica* como o clima mais propício à ciência; seu enfoque dos assuntos *especialização* e *epistemologias regionais*.

Finalmente, tentei recolher da obra de Bachelard as contribuições julgadas mais importantes para fundamentar uma pedagogia adequada à ciência. Nesse sentido, ele oferece sugestões como a prática *dialética* no ensino, a identificação do obstáculo epistemológico, a importância do erro. Propõe ainda sugestões sobre o relacionamento aluno-professor, o ensino experimental ligado à teoria; o livro-texto e a socialização do ensino.

Considero a leitura empreendida e seu comentário apenas um ponto de partida. Qualquer estudo posterior requererá um retorno a ela, bem como o recurso a outras obras não lidas e que, embora

talvez de menor importância, poderão também contribuir para a consecução de outros objetivos mais amplos, que transcedem este trabalho.

Na segunda parte deste trabalho, ainda fundamentada em Bachelard, pretendo apresentar sugestões de atuação, que passam por uma etapa obrigatória de pesquisa, preferencialmente de cunho interdisciplinar, abrangendo a colaboração, quando possível, do epistemólogo, do psicólogo, do pedagogo, do professor e pesquisador químico.

O conteúdo dessa parte final desdobra-se em três ítens. O primeiro propõe a fundamentação do ensino e da pesquisa em bases epistemológicas. Os aspectos tratados não têm a pretensão de esgotar toda a abrangência da rubrica. Só foram privilegiados sobre outros em decorrência de nossas deficiências e da natureza do problema proposto, que seria o da equilibração das relações entre o ensino e a pesquisa.

Por fundamentação epistemológica do ensino, entendo a orientação metodológica ou o enfoque teórico, que, sob a forma de princípios aplicados, tornariam o ensino da química mais de acordo com a maneira de atuar da própria química. A fundamentação epistemológica da pesquisa seria a retomada da produção química de forma mais lúcida e mais coerente com a própria natureza da ciência.

Isso teria por resultado inevitável relacionar as tarefas de ensino e pesquisa não arbitrariamente pela divisão ou justaposição de horários, mas pela sua união mediante a implantação de fundamentos comuns.

Contudo, a maior necessidade entre todas é desenvolver de forma mais consciente e contínua as atividades de pesquisa na direção de alguns temas ou assuntos de fundamental importância. Permito-me relacioná-los novamente:

— Estudo do erro. Localização, caracterização, diagnóstico, determinação de suas origens e alternativas de erradicação no acervo de conhecimentos contidos nos livros, práticas ou memória científica pessoal do aluno. Este tópico, por extensão, desembocaria num estudo alargado dos obstáculos epis-

temológicos já conhecidos e atuantes na química contemporânea, levando, se possível, à identificação de novos obstáculos.

— Autenticação e ativação do processo de trabalho socializado praticado na pesquisa em química e sua extensão ao ensino mediante a recuperação do trabalho escolar em grupo. Essa atividade foi gravemente danificada pela recente articulação (ou desarticulação) advinda da implantação dos sistemas parcelados de créditos, com extinção da antiga agregação dos alunos em séries. Torna-se necessário superar as dificuldades e encontrar soluções alternativas que neutralizem as dificuldades oriundas da nova organização universitária.

— Elaboração de autênticos problemas — refiro-me àqueles que constituem uma categoria epistemológica bem definida, podendo ser centro convergente do processo de criação de saber (quando o assunto é novo) ou centro convergente do processo de ensino - aprendizagem (quando o assunto é já conhecido).

Essa tarefa requer uma revisão das contribuições existentes a partir de Piaget e uma aplicação consciente dos princípios presentes na epistemologia de Bachelard.

— Reavaliação do método da redescoberta nas várias disciplinas que constituem a química. Reelaboração de antigas propostas, adaptação de outras originárias de outras disciplinas atuais como a física. Deve-se cuidar da extensão do método, aplicando a ele os subsídios advindos do pensamento de Bachelard quando considera que a ciência é também criada a partir de fatos já conhecidos articulados num novo arranjo ou numa nova forma de recoordenar, reorganizar ou reapresentar.

— Reconstituição, para aplicação no ensino, de algumas *seqüências histórico-epistêmicas* que possibilitaram a emergência dos fundamentos atuais da ciência química sob a forma de conceitos, leis ou teorias, com o aclaramento possível das rupturas, das recorrências e desvelamento de elos

mais ocultos, de tal forma que o aluno possa verificar a força construtiva da química como área do conhecimento humano.

No plano da atuação destacam-se algumas recomendações, também fruto de reflexões com base em Bachelard:

1 — ativação da *polêmica* em todos os níveis:
— consigo mesmo através dos exercícios de delineamento de perfis epistemológicos com relação a noções fundamentais;
— contra alguém ou alguma coisa — em todas as oportunidades de instauração da polêmica como clima por excelência fecundo ao desabrochar da ciência: aulas, grupos de trabalho e estudo, seminários, reuniões, projetos de pesquisa, congressos etc.

Essa atuação deve-se concretizar, para benefício da comunidade interna e externa à Universidade, na cidade dos químicos: como instrumento construtivo e defensivo; como recurso cognitivo e postura comportamental; como instrumento de expressão e forma reinvidicatória de natureza até mesmo política.

2 — Dialetização da relação aluno-professor, com alternância dos papéis e funções tradicionalmente conferidos ao ensinado e ao ensinante.

Nesse particular, a contribuição de Bachelard é sem dúvida de grande relevância para uma primeira reflexão.

3 — Finalmente, seria de grandes e frutíferas conseqüências que professores pesquisadores aplicassem seu tempo desperdiçado em tarefas burocráticas em eventos que materializassem a cidade científica da química. Essa exigência de participação e militância é extensiva ao corpo discente. Normalmente o espaço de configuração dessa cidade é aquele em que se faz notar a presença do consenso comunitário. Algumas sociedades podem pôr seus territórios de atuação a serviço dessa emergência. No Brasil já se pode contar para isso com a Sociedade Brasileira de Química.

É da maior urgência a proposta de ativação e organização político-social e consolidação da comunidade científica do país. E a contribuição para isso faz parte do percurso de amadurecimento na vida individual de cada cientista ou candidato a cientista.

Por outro lado, é no âmbito dessa cidade que se fará sentir a necessidade de uma epistemologia dialetizada já descrita anteriormente. O progresso cultural e espiritual deste país não dispensa a lucidez necessária dos trabalhadores do campo da ciência. A química, ela própria, reclama uma maior clareza de seus objetivos, uma consciência mais definida de seu papel na construção do mundo dos homens.

Finalmente esclareço que, na bibliografia, não omiti nenhuma das obras consultadas, mesmo que não citadas, uma vez que indiretamente contribuiram para nutrir e articular meu pensamento.

Para facilitar a leitura permiti-me escrever no rodapé sob forma abreviada, o nome das obras de Bachelard de acordo com o quadro a seguir.

ABREVIATURA DAS OBRAS DE BACHELARD

TÍTULOS	ABREVIATURAS
Essai sur la connaissance approchée, Ed., Vrin, 1928	E
Etude sur l'évolution d'un probleme de physique, Ed. Vrin, 1928.	Etd
La valeur inductive de la relativité, Ed. Vrin, 1929.	VI
Le pluralisme cohérent de la chimie moderne, Ed Vrin, 1973.	P
Les intuitions atomistiques, Ed. Boivin, 1933.	I
Le nouvel esprit scientifique, Preses Universitaires de France, 1983.	NES
La dialectique de la durée, Presses Universitaires de France, 1936.	D

TÍTULOS	ABREVIATURAS
L'expérience de l'espace dans la physique contemporaine, Presses Universitaires de France, 1937.	Ex
La Formation de l'Esprit Scientifique, Ed. Vrin, 1980.	FES
La Philosophie du Non, Presses Universitaires de France, 1975.	FN
Le Rationalisme Appliqué, Presses Universitaires de France, 1975.	RA
L'activité rationaliste de la physique contemporaine, Presses Universitaires de France, 1951.	Act
Le Matérialisme rationnel, Presses Universitaires de France, 1972.	MR
La Psychanalyse du feu, Gallimard, collection, Idées.	Psy
Etudes, Ed. Vrin, 1970.	Et
L'Engagement Rationaliste, Presses Universitaires de France, 1972.	ER
Epistémologie, Presses Universitaires de France, 1980.	Ep

Antes de concluir essa introdução desejo agradecer:

À Prof.ª Zilah Xavier de Almeida pela disponibilidade, solicitude e orientação; ao Prof. Sérgio Fernandes pela contribuição eficiente na seleção de tema; e ao Prof. Ricardo Ferreira pelos conselhos científicos; aos colegas e professores do Instituto de Estudos Avançados em Educação (IESAE); aos colegas e professores do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica da Universidade Federal do Ceará; aos colegas Leonildes Jatahy, Elliana Teixeira, Airton Marques, Afrânio Craveiro pela busca e envio de documentaçãc; ao Prof. Mário Guerreiro pelos esclarecimentos; ao Dr. Andreas Hauser pelo estímulo e comentários; à Maria Luiza Borges pela esmerada e precisa revisão do texto; à Ana Lucia Germano e Clair Freeman pela ajuda na apuração dos dados e tabulação dos mesmos;

à Maria Eugênia Guimarães pela indispensável colaboração; à Universidade Federal do Ceará pela oportunidade da Pós-Graduação; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior pela concessão de bolsa; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de pesquisador posterior a da CAPES; e a todos mais cujos nomes não estão aqui mas que possibilitaram por gestos, compreensão e apoio a finalização deste trabalho.

1

Aspectos Teóricos da Epistemologia de Bachelard

Ao refletir sobre a ciência e descrever seu modo de ação ou de construção, o epistemólogo Bachelard, situou-se na encruzilhada entre o *racionalismo* (1) e o *realismo*. (2) Não acedeu, contudo, à clássica dualidade que põe essas tendências em oposição. Ao contrário, admitiu que só a alternância entre o racionalismo e o empirismo serviria ao pensamento científico.

Embora afirme, como Campbell, que a "presença da palavra *'real'*, é sempre um sinal de perigo de confusão no pensar", Bachelard usa inúmeras vezes esse termo. Deve-se assinalar que chama do *real* tudo o que existe, mas sempre adjetiva esse 'real', segundo o método pelo qual se prova a sua existência: "não será difícil mostrar que, num determinado nível, é o método que define os seres"[1].

Considerando que Bachelard não constrói nenhuma teoria do conhecimento, nem explica nenhum mecanismo do pensamento isolado, solto ou *a priori*, extraindo sempre a descrição desse mecanismo da prática da ciência, seria de certo modo traí-lo enunciar suas idéias desacompanhadas das situações em que aparecem.

Quando uma noção é apreendida por meio de uma *primeira experiência empírica,* ele emprega na maioria das vezes unicamente os termos *'real, 'real imediato'*, ou *realista.* Assim, afirma que a ciência de Lavoisier era realista, "fundando o positivismo da balança em ligação contínua com a experiência usual". E em outro mo-

(1) FN. p. 55.

mento de sua obra, ampliando seu comentário, observa: durante algum tempo, a noção de massa foi expressa por seu conceito de quantidade de matéria determinada pelo uso empírico da balança, numa época em que esse instrumento era sobretudo um utensílio, uma vez que utilizado por usuários que não conheciam a teoria da alavanca, princípio que o fundamentava. Nesse caso o *realismo* que exprimia o conceito já era, porém, mais elaborado que o acervo de imagens inconscientes que se acumulara em torno da noção de massa. Essa outra primeira experiência, arcaica, arquetípica, emocional, profunda, possibilita a explicitação da noção de massa por uma via que Bachelard chama de *"realismo ingênuo"*. Assim é que, segundo ele, a massa era concebida, através de uma metáfora, entre inúmeras outras "como uma apreciação quantitativa grosseira", como a medida da avidez de uma criança gulosa que via no fruto maior (o de maior massa) melhores possibilidades de satisfazer seu desejo. Esse *"real"* é referido, por ele e por outros, ao domínio do irracional.

Quando a noção é apreendida por meio de uma experiência científica, Bachelard fala de *"real instruído"*, como no caso do estabelecimento da massa de um átomo pela escola de Perrin por meio da determinação do número de Avogadro. Esse *"real científico"* é indireto, em contraposição ao *"real"* do conhecimento vulgar, considerado direto ou imediato.

Outra distinção importante é estabelecida entre o *real* e o *verdadeiro*. Para ele, o *verdadeiro* "deve ser colocado em função de uma organização do pensamento que deu prova do seu valor lógico". (1) Obviamente o rigor dessa exigência só terá lugar dentro das fronteiras e na linha avançada do *racionalismo*, como veremos adiante.

Para Bachelard, o conceito de *realidade* não é unívoco, ou seja, os seres não são todos igualmente reais. Vão do *real* ao mais real. É o que sustenta, quando diz:

> "Peçamo-lhe (ao realista), mais uma vez, que arrole as provas do seu *realismo* e *atribua* coeficientes a seus diversos argumentos. Pois lhe seria muito cômodo confiar novamente num *realismo totalitário e unitário* e responder: tudo é real, o elétron, o núcleo, o átomo, a molécula, a micela, o mineral, o planeta, o astro, a nebulosa. (...) Do nosso ponto de vista, tudo não é *real da mesma maneira* (...) a existência não é uma função monótona; ela não pode se afirmar por toda parte e sempre no mesmo tom." (1)

(1) V.I. p. 245.

Bachelard elegeu a energia como a entidade a que atribui a *realidade máxima*. E isso mediante um *racionalismo* que já há algum tempo, "tem um objeto real, um *racionalismo* que informa o caráter realístico maior. A energia é a realidade mesma, já se dizia desde o final do século XIX" (2)

O *realismo* muda de caráter ao mudar de nível; — o átomo de enxofre não mantém as propriedades da substância enxofre, como, por exemplo, seus aspectos "satânicos". Essas *"realidades"* comuns não se prendem mais solidamente ao átomo de enxofre que suas "realidades" metafóricas. "O átomo, pelo próprio fato de ser definido por uma organização racional da experiência química, recebe um novo *status* ontológico." (3)

Finalmente, cabe dizer que a idéia do *"real"* está também muito associada ao que é *natural*, ou existe naturalmente, ao que é apresentado como um dado preexistente. Sob este enfoque, a função da química seria desvendar esse *real*, analisar o mundo material e apreender seus mais recônditos segredos. Contudo, a química caminha rumo a uma transição. Entre o *real* e o *racional*, está a fase de *"realização"*. E o *real* passa a ser "um instante de uma *realização* bem conduzida". (4) Alguma coisa, ou matéria, antes não existente, passa a existir através de uma ação, de uma operação de síntese". Sem dúvida é preciso considerar "os sucessos do *realismo* através de todo o século XIX". "Não se passa um lustro sem que um novo corpo seja *descoberto*". Mas a esse programa se segue

(1) FN. p. 54.
(2) Act. p. 139.
(3) Act. p. 75 e 76. Apud., Ep. p. 51.
(4) FN. p. 15.

um outro, onde a ciência química não é capaz de descobrir e explicar, mas também de criar. A expansão das sínteses orgânicas é um aspecto dessa maturidade, e suas conseqüências já legitimam as palavras do nosso autor: "A Natureza, querendo na verdade fazer a química, acabou por criar o químico". (1)

Todavia, mesmo situado na encruzilhada entre o *realismo* e o *racionalismo,* Bachelard privilegia o *racional,* e afirma: "a *grosso modo* o dever de um pensamento científico corresponderia a uma normalização", o que seria, diz ele, o primeiro passo para "a transformação da forma realista em forma racionalista".

Ao apresentar suas idéias sobre o *racionalismo,* Bachelard toma como primeiro degrau o *racionalismo clássico*:

> "Reclamaremos dos filósofos o direito de nos servirmos de elementos destacados dos sistemas em que nasceram (...). Será sacrilégio, por exemplo, tomar um aparelho epistemológico tão maravilhoso quanto a *categoria* kantiana e demonstrar o quanto ela interessa à organização do pensamento científico?". (2)

O *racionalismo,* em sua acepção mais fundamental, não seria outra coisa que o kantismo:

> "uma ciência de princípios, uma doutrina de normas internas que interdiz o movimento de recorrer a princípios exteriores ao sistema, com poder organizante e capacidade de organização interna ideal para a economia da explicação". (3)

Vejamos como essas características se manifestam na conceituação de massa proposta por Newton, que pode ser qualificada como uma proposição *racionalista kantiana.*

Uma *ciência de princípios:* "a massa será definida como quociente de força pela aceleração".

(1) MR. p. 33.
(2) FN. p. 12.
(3) FN. p. 59.

Uma *doutrina de normas internas:*

> "é o tempo da solidariedade entre noções (...). Ao uso simples e absoluto de uma noção, segue-se o uso correlativo das noções (...). As três noções foram correlacionadas e por isso poder-se-á deduzir uma delas, não importa qual, das outras". (1)

Uma *doutrina com poder organizante e capacidade de organização interna ideal para economia na explicação:*

> "Força, aceleração e massa estabelecem correlativamente numa relação claramente racional, visto que essa relação é perfeitamente analisada pelas leis racionais da aritmética". (2)

E mais,

> "uma vez estabelecida a relação fundamental da dinâmica, a mecânica tornou-se verdadeiramente racional do começo ao fim. Uma matemática especial se junta à experiência e a racionaliza; a mecânica racional (...) permite deduções formais; abre-se sobre um campo de abstrações indefinido". (3)

Por fim: "o racionalismo newtoniano dirige toda física matemática do Século XIX". Os elementos que Newton escolheu como fundamentais: "espaço absoluto, tempo absoluto, massa absoluta, permanecem, em todas as construções, elementos simples, separados, sempre reconhecíveis". Esses elementos se tornam, assim, a base do sistema de medida como o sistema c.g.s. E são eles que constituem "o *a priori* da filosofia métrica". (4)

(1) FN. p. 27.
(2) FN. p. 27.
(3) FN. p. 29.
(4) FN. p. 30.

Assim sendo, a "mecânica racional conquista rapidamente todas as funções de um *a priori* kantiano". É uma doutrina científica já dotada de um caráter filosófico kantiano. "A metafísica de Kant se instruiu sobre a mecânica de Newton".

Bachelard explica a passagem do *realismo* para o *racionalismo* com o seguinte exemplo:

"A massa, antes de Newton, era definida como quantidade de matéria" (. . .). Após Newton, como um devir dos fenômenos, como um coeficiente de devir" (1) E a necessidade de compreender o devir, o *realismo das coisas,* cedeu ao *realismo das leis.* Porque as leis normalizam, explicam a regulação dos comportamentos, permitem ao pensamento passar do *realismo* para o *racionalismo,* numa hierarquia mais alta. Contudo, o racionalismo próprio da ciência, segundo Bachelard, requer uma filosofia de dois pólos: um empirismo que dê base ao racionalismo, e um racionalismo que dê base ao empirismo. Nada genérico e nada apriorístico. Um racionalismo aplicado às nuances de cada situação.

Para o pensador, o racional não se constitui no abstrato, num momento prévio à ação de raciocinar. A razão se funda no próprio ato de pensar científico. E esse pensar é situacional, incidindo sobre uma construção específica. É aplicado a um problema.

Essa *racionalidade* que Bachelard identifica na atividade científica não tem um ponto de partida, porque não tem um ponto de chegada. Vai se desenvolvendo, vai se reexaminando, vai se reconstruindo. É na racionalidade suficiente para o momento presente, nas condições possíveis de clareza e de verdade. Mas nunca será bastante para o futuro. E, mal acaba de ser enunciada, já é objeto de inquirição. Sua objetividade é aproximativa.

Não sendo a racionalidade que exalta solta no espaço, Bachelard a descreve *pari passu* a situações concretas da ciência.

O *racionalismo* que se depreende da ciência é, segundo sua concepção, um racionalismo próprio de um domínio particular do

(1) FN. p. 28.

conhecimento. Apresenta-se como um racionalismo "puramente axiomático, que se estabelece como uma espécie de vontade de manter regras bem definidas, bem limitadas a um domínio particular". (1)

O exemplo que toma é bastante esclarecedor.

> "Para reduzir a noção de corpúsculo ao seu exato contexto axiomático, era preciso superar uma série de teses, sob forma um tanto paradoxal, para barrar as intenções preguiçosas". (2)

E estas teses (todas aplicáveis ao elétron), foram assim enunciadas por Bachelard:

1. O corpúsculo não é um corpo pequeno;
2. O corpúsculo não tem dimensões absolutas assinaláveis;
3. Conseqüentemente, não tendo dimensões assinaláveis, não tem formas assinaláveis;
4. Não se lhe podendo atribuir uma forma determinada, não se lhe pode atribuir um lugar muito preciso;
5. Em muitas circunstâncias, a microfísica propõe como um verdadeiro princípio a perda da individualidade do corpúsculo;
6. O corpúsculo pode se anular. (3)

A expressão *dialética,* que é o atributo mais constante do *racionalismo* que Bachelard caracteriza como o da ciência contemporânea, não é usada por ele de modo univalente. Ao contrário, o termo engloba vários movimentos e várias ações. Em alguns momentos, indica um desdobramento, noutros, uma dissociação; ora confere a uma categoria a posse oscilante de um ou outro atributo num conjunto polarizado; ora aponta a diversidade de natureza entre o fenômeno e o número; ora o movimento de construção num contínuo oscilante; ora um direcionamento de visão do presente explicando

(1) Act. p. 75. Apud., Ep. p. 51.
(2) Act. p. 75. Apud., Ep. p. 52.
(3) Act. p. 80-82. Apud., Ep. p. 60.

o passado; e, finalmente, a negação do anterior e a absorção do negado em um novo contexto, ou, nas palavras de Canguilhem, "um movimento indutivo que *alarga as bases, reorganizando o saber*, e que tem na negação de conceitos e axiomas apenas um aspecto de sua generalização". (1)

Vejamos a refração do conceito nos termos do próprio Bachelard.

A dialética é um *movimento de desdobramento*. É assim, que ele a apreende no caso da teoria da valência. Na química do Século XIX, a valência indicava um número de saturação com relação ao hidrogênio. Com o avanço da química, a noção é substituída por duas outras, a da covalência e a da eletrovalência, ambas referidas agora à teoria eletrônica da matéria.

Noutros momentos, a *dialética* é uma *dissociação*. Na construção epistemológica do conceito de massa, num determinado instante a teoria de Dirac conduz a uma realidade bifurcada, em que a massa positiva e a massa negativa são concebidas como coexistindo na mesma noção de massa.

O caráter dialético está no fato de, em muitos casos, o *númeno* (o oculto, o não aparente) ser de natureza diversa do *fenômeno* (o externo, o aparente). O químico, para explicar a estrutura da matéria, recorre a fundamentos elétricos, estatísticos, do mundo micro, diversos dos fenômenos químicos observáveis no mundo macro.

Outro momento da construção dialética se manifesta no caso do conceito de substância na química não lavoisieriana. Segundo Bachelard, tal conceito se desenvolve em duas direções muito diferentes, não podendo sua construção e compreensão dispensar nenhum desses dois caminhos de elaboração. A noção de substância, para ele, desenvolve-se "sob a substância e ao lado da substância — na *unidade* da substância e na *pluralidade* das substâncias". Sob a substância e na sua unidade, ele registra em seguida a existência da fórmula desenvolvida como um "substituto" da substância, que pode servir de modelo *a priori* para especulações, dentre outras sobre as possibilidades de reação do composto pelo arranjo espacial dos seus

(1) CANGUILHEM, G. Dialectique et philosophie du non chez Gaston Bachelard p. 196.

grupamentos, e a previsão dos impedimentos estéricos a sua criação. Segundo ele o modo como Lavoisier conceituou a substância na ordem dos fenômenos, tomando em consideração qualidades substanciais, jamais nos conduziria a tais conclusões. Assim, na rota de um aprofundamento vertical, Bachelard prossegue interligando noções e conceitos, desde organização das substâncias simples, passando pela relação das substâncias com o tempo (aspectos dinâmicos) e com a energia, até chegar à química das radiações e à abolição das fronteiras entre matéria e energia no que toca à heterogeneidade.

Na linha horizontal, ele discute os contornos e fronteiras das substâncias, vizinhas uma das outras, por meio do critério da homogeneidade e da conceituação de pureza. A identidade substancial é colocada nos devidos limites.

Esse significativo exemplo dialético, que expõe em cada passo e em cada detalhe vários caminhos de *dialetização*, apesar de criticado por Jacques (76) (aliás com base em argumentos insatisfatórios) merecia um destaque maior, impossível no âmbito deste trabalho.

A *dialetização* se produz ainda no plano das abordagens. Abordagens experimentais e teóricas se solidarizam e se articulam dialeticamente. Vejamos alguns textos signficativos:

"O racionalismo integral deve, pois, ser um *racionalismo dialético*, que decide sobre a estrutura em que o pensamento deve se engajar para informar uma experiência". (1)

A "experiência não está de nenhum modo bloqueada em suas primeiras técnicas. O progresso técnico é muitas vezes determinado por uma revolução das bases". (2) "É que as diferentes aproximações experimentais ao real se revelam solidárias de uma organização axiomática das organizações teóricas". (3) Tal entrelaçamento designará o racionalismo como uma atividade dialética, posto que, "axiomáticas diversas se articulam entre si dialeticamente". (4)

O movimento de construção do objeto científico oscila num contínuo entre a teoria, que verifica a técnica e a técnica que veri-

(1) RA. p. 133.
(2) RA. p. 134.
(3) RA. p. 133.
(4) Act. p. 27. Apud., Ep. p. 200.

fica a teoria. Um momento não pode prescindir do outro; e isoladamente, nenhum dos dois é suficiente.

Bachelard vê também sob um novo ângulo a dialeticidade do racionalismo. "Deve-se compreender a importância de uma *dialética histórica* própria do pensamento científico". Vê-se então a necessidade de formular uma história recorrente. Uma história que clareie pela finalidade do presente, uma história que parta das certezas do presente e descubra, no passado as formações progressivas da verdade". (1) Deve-se escrever a história julgando, valorizando o certo e eliminando toda possibilidade de reincidência no erro. Assim, ele se encontra de novo com a dialética dos *obstáculos epistemológicos e dos valores epistemológicos*. Trata-se de afastar uns e aproveitar os outros. A história do flogístico é superada porque repousa sobre uma construção da química ponderal. Ela só pode ter interesse para um epistemológico como fonte de exemplos de obstáculos epistemológicos. No entanto, alguns trabalhos, como os de Black sobre o calórico, mesmo que contenha partes a refazer, contêm experiências positivas sobre o calor específico, que permanece sendo uma noção científica.

Essa *distinção dialética* entre o *valor* e o *erro* na história passada só pode ser alcançada mediante a visão científica do presente.

A *dialética*, diz Bachelard, serve-nos somente para abarcar uma organização racional com uma organização supra-racional muito precisa. "Ela só nos serve para passar de um sistema a outro". "A eloqüência matemática desta última fórmula, comenta Quilliet, (121) é com efeito muito precisa ela evoca a noção de grupo de transformação, que parece ser de fato a verdadeira chave da dialética Bachelardiana". (2)

Através de "articulações bem definidas (sejam elas de noções fundamentais ou de resultados adquiridos)" — a atividade construtiva da ciência "faz nascer o movimento indutivo que caracteriza e determina uma reorganização do saber sobre uma base alargada". A este movimento Bachelard dá o nome de generalização dialética

(1) Act. p. 27. Apud. E.P. p. 200.
(2) QUILLIET, — Bachelard — Paris, Seghers, 1964, p. 61.

(porque vai de uma indução a uma generalização). E segue adiante na explicação:

"A generalização *dialética pelo não* deve incluir o que ele nega" Assim é que a mecânica não-newtoniana abarca a mecânica newtoniana, e a química não lavoisieriana abarca a química lavoisieriana.

Finalmente, "sendo mais liberdade de variação que vontade de negação", a *dialética* de Bachelard descreve, por fim, o que é trabalhar um conceito. Canguilhem resume muito bem as proposições de Bachelard a esse respeito.

— fazer variar extensão e a compreensão do conceito;
— generalizá-lo por incorporação de traços excepcionais;
— exportá-lo para fora de sua região de origem;
— tomá-lo como modelo;
— procurar-lhe um modelo;
— conferir progressivamente, por transformação regrada a função de uma forma.

Enfim, é a vigência de "uma enorme potência de integração e uma extrema liberdade de variação". (1)

Por linguagem química, entende-se o sistema construído pela ciência química, sistema pelo qual ela expressa seu próprio conteúdo (fatos, conceitos, relações etc.), e que compreende também as *normas* de criação e grafia de seus termos (nomenclatura e notação), a relação entre estes em suas várias representações (diagramas, quadros, sistemas computacionais etc.), no contexto das teorias que o fundamentam.

Trata-se sem dúvida de uma linguagem artificial, e por isso alguns preferem chamá-la de código (104). Mas correremos o risco de utilizar, num sentido lato, o termo linguagem.

A referência à linguagem química, sua importância, suas exigências, e sobretudo sua consideração, como constituindo uma construção dialética da própria química é um *leitomotiv* da obra de

(1) FN. p. 16.

Bachelard: "a linguagem da ciência está em estado de revolução semântica permanente".

Desde as expressões verbais que designam fenômenos, fatos etc., ao uso de imagens, ilustrações e metáforas, passando por todo conjunto de esquemas, diagramas, fórmulas e modelos, todos esses elementos da linguagem química são objeto da reflexão do autor. Portanto, nada escapa: linguagem falada, escrita, gráfica ou mesmo pictórica-espacial.

A vinculação da linguagem à experimentação e à teoria obriga, a cada instante, a uma vigilância de uma coerência bastante rigorosa. Não é com um simples exemplo que Bachelard indica essa necessidade. Ele a transforma numa obrigação de quem pesquisa e de quem ensina.

No tocante à linguagem verbal ou escrita, Bachelard chama a atenção para o uso — de que a química é pródiga — de expressões tomadas da linguagem comum, mas já completamente desvinculadas de sua acepção popular, do pensamento pré-científico ou da região da ciência donde provieram. Propõe nesses casos o uso de aspas escritas e sonoras pelo "alteamento da voz" na emissão do vocábulo. "Do ponto de vista epistemológico elas são um sinal de ruptura". (1)

Para entendermos bem a que ele se refere, dois exemplos que apresenta são suficientes. O primeiro é o uso da expressão "camadas nucleônicas", análogas às camadas eletrônicas, nos enunciados de Gamow e Critchfield; o outro é a imagem de que se serve Bohr para condensar certas leis do núcleo atômico sob o nome de "gota d'água". Sob esta imagem subentende-se uma gota em que se aglomeram os núcleos, numa situação em que a incorporação de um neutron a mais aumenta a energia interna do núcleo, ou seja, a "temperatura", ocorrendo em seguida a emissão de um corpúsculo por um processo comparável à evaporação. O uso dessas expressões é admitido, desde que se faça referência ao fato de que são neologismos.

As imagens figurativas que acompanham certos conceitos são também indicativas do rigor da conceituação. Com o desenvolvimento do próprio conceito, elas vão sendo substituídas em busca de outra mais fiel. A descrição de Bohr, estabelecendo uma analogia entre o átomo e um sistema planetário em miniatura, é um exemplo típico da descrição que não deve ser tomada ao pé da letra.

(1) MR. p. 217.

> "Como a noção ordinária de espaço deixa de se aplicar ao interior dos átomos, é difícil atribuir às órbitas um movimento real no espaço; tampouco o elétron seria localizado neste espaço e sobretudo, a palavra salto implicaria uma descontinuidade e instantaneidade nem sempre convenientes. Na verdade, porém, a compreensão do átomo na ciência moderna está vinculada à história de suas imagens e esquemas. Pela retificação do conceito vão-se eliminando certos aspectos da imagem (. . .). Diríamos de bom grado que o átomo é a soma das críticas a que se submete a sua imagem primeira". (1)

Prosseguindo em seus comentários, Bachelard observa que a representação variada de uma mesma realidade, ou, mais precisamente, a maneira de apresentar por dupla figuração uma mesma realidade, prova

> "o moderno benefício de uma convergência de métodos. A carta ou mapa da densidade eletrônica de uma molécula, por exemplo, como a de ácido oxálico hidratado e o esquema estrutural da mesma molécula, são sem dúvida carregados de teorias". (2)

Segue-se o comentário: "quando duas convenções tão diferentes, atingem a mesma finalidade, passam a ser mais que convenções"; (3) e disso infere o grau de confiança que tem o cientista na linguagem que instrumenta seu raciocínio.

(1) FN. p. 139.
(2) MR. p. 151.
(3) MR. p. 151.

Esta sobrelevação da fórmula ou do esquema como um ser de razão aparece em outros momentos da obra de Bachelard e em outros contextos de explicação. Assim, por exemplo, ao falar de substância e de fórmula desenvolvida. Embora longa, acredito que a citação se justifica:

> "Não somos justos com a noção de fórmula desenvolvida quando a qualificamos de representação convencional; ela é antes uma 'apresentação' que sugere experiências (...). É o caminho que vai da experiência primeira à experiência instruída e o da passagem da *substância* ao *substituto* (...). A fórmula desenvolvida é um *substitutivo racional* que antecipa, uma contabilidade clara das possibilidades (...). Há experiências químicas que aparecem *a priori* como impossíveis porque são proibidas pelas fórmulas desenvolvidas (...). Na ordem fenomenal, as qualidades das substâncias não indicariam nenhuma dessas exclusões. Reciprocamente, há experiências que jamais se teria sonhado realizar se suas possibilidades não tivessem sido previstas *a priori*, com base nas fórmulas desenvolvidas (...). Raciocina-se sobre uma substância química a partir do momento em que se estabelece sua fórmula desenvolvida. Vê-se pois que ela está associada a um verdadeiro númeno". (1)

E aqui Bachelard lança mão do termo filosófico para exprimir o que é essencial e que, conquanto não seja aparente, fundamenta a realidade de um ser.

Outra situação química em que se pode acompanhar a valorização epistemológica da representação gráfica é o caso da valência.

Inicialmente, representou-se a valência por um traço. Mas isso numa relação abstrata, sem conteúdo conceitual.

(1) FN. p. 60.

A partir de Lewis (1916), os elétrons foram representados por círculos de diâmetros diferentes ou por pontos gráficos e cruzes.

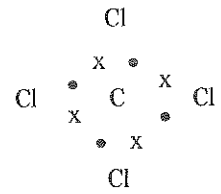


Fig. 1.1

E o traço foi substituído por um par de elétrons. Esse aparelhamento só seria explicável pela química quântica: não existiria senão entre elétrons de spins contrários. Segundo Coulson, essa proposta é um marco histórico do desenvolvimento da química. (1)

A certa altura, já resolvida a representação dos compostos iônicos (Na^+ e Cl^+) e também dos covalentes, foi preciso trabalhar na zona intermediária, em incessante dialetização, das fórmulas mistas. É o caso de compostos como NH_4Cl, que foi assim representado:

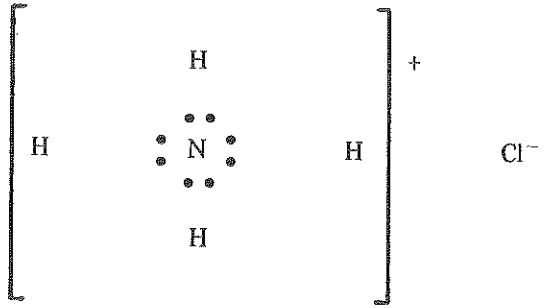


Fig. 1.2

(1) COULSON, G. A., Liaison Localisée apud Liaison Chimique CNRS - 1952. Paris, p. 12, apud MR. p. 130.

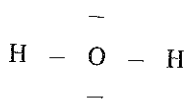
A ciência química contemporânea em vez de estudar apenas, as misturas materiais de que tratava, preferencialmente, a pré-química, ocupa-se também em estudar verdadeiras misturas de teorias que determinam as mesclas de simbologia. E de novo, desta vez graças a R. Robison (1) foi introduzido o traço, mas com uma significação eletrônica: ou seja, a participação comum de dois átomos com relação a dois életrons, ou mesmo um traço representando dois elétrons.

Desta forma, teríamos:

Fig. 1.3

Ainda não era satisfatório, porém, era preciso distinguir o par partilhado do par não partilhado, e veio então a notação do Eistert (2) propondo uma "situação tangencial" (tangente ao núcleo ou à molécula) para o par livre.

Assim, teríamos:

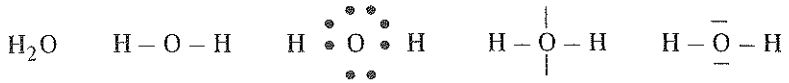


e, para o carbono quadrivalente:

Fig. 1.4

(1) KIRMACK & ROBISON, R. J. Chem. Soc. 121, 433, 1911, apud MR, p. 133.
(2) EISTERT, Bernard. Tautomerie et Mesomerie, p. 7, apud MR. p. 133.

A longa história dessa etapa da química poderia ser resumida assim:



e posteriormente assim:

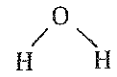


figura 1.5

Quando fala que o traço adquiriu substância, Robison usa uma metáfora, querendo dizer que ele "está carregado de sentido". Há um profundo valor epistemológico na sentença acima.

Mas a dialetização vai mais além. A localização dos elétrons não é um fato rígido.

> "O pontual com o qual se ilustravam os esquemas eletrônicos deve dar lugar agora ao volumétrico. O contínuo aparece sob a forma de nuvens volumétricas de probabilidade de presença eletrônica, ou, o que afinal de contas é sinônimo, sob a forma de densidade eletrônica só calculada em pequenos volumes". (1)

Essa possibilidade de obter, por difração do RX, o mapa da densidade eletrônica molecular, de que esse mapa corresponde à formulação clássica da mesma molécula representada pela fórmula desenvolvida:

(1) MR. p. 137.

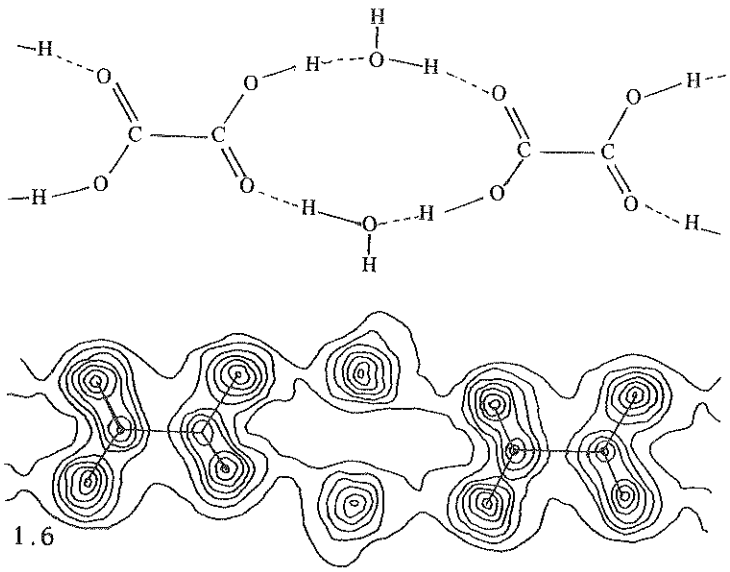


Fig. 1.6

nos revela que, apesar dos caminhos metodológicos diferentes, chegou-se a uma mesma confirmação.

Outro exemplo bem significativo de avanço paralelo e de revisões simultâneas de teoria e representação é a visualização da ligação dupla, cuja fronteira alcançou o conceito de ressonância. Bachelard tomou como exemplo a mesma molécula de benzeno já especulada por Pauling para registrar verdadeiras oscilações históricas.

Primeiramente, o simbolismo clássico de Kekulé (a) não era capaz de explicar a impossibilidade da substituição.

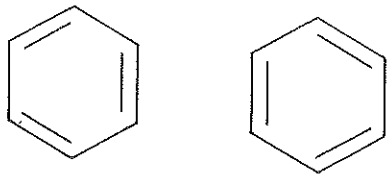


Fig. 1.7

Apagaram-se então simplesmente as ligações duplas, ficando-se com o esquema simplificado (b).

Num segundo passo, o progesso da experimentação permitiu calcular e elaborar o esquema de Kekulé com as distâncias interatômicas mais realistas, o que nos conduziu à seguinte imagem:

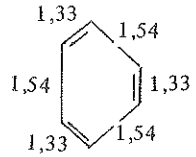
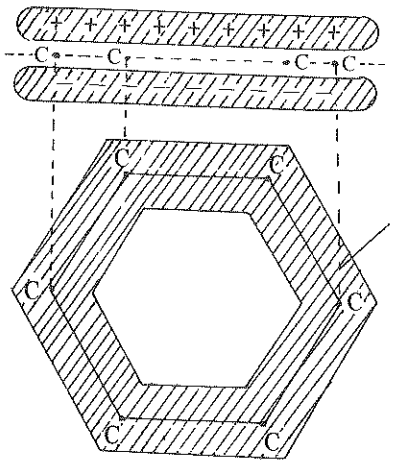


Fig. 1.8

Mas, se fosse possível isolá-lo, este composto seria muito instável e se transformaria no benzeno "comum" com liberação de 6
39 ca. (por benzeno ressonante normal, entenda-se o de simetria hexagonal perfeita de 6 lados, cada um com 1.40 A°).

Em face disso, torna-se necessária a teoria da ressonância, que permite a localização da primeira ligação (a simples) mas interdiz a localização da dupla. Os elétrons "s" são fixamente localizados e os "pi" delocalizados. Com isso, a partir das fórmulas de Kekulé e de Dewar, ficamos com cinco estruturas ditas canônicas. Nenhuma delas suficiente, por si mesma, para representar o benzeno em sua realidade dinâmica. Talvez conjuntos de esferas elásticas o fizessem bem. Na fórmula, contudo, nos parecerão como fotografias compostas de uma substância. Em vão procuraríamos, numa multidão de moléculas de benzeno, alguma em um ou outro estado de estrutura definida. Essa noção de estado deve também ser abandonada.

Vem à cena a representação do anel benzêmico segundo sua distribuição eletrônica dos orbitais:



W

Fig. 1.9

As estruturas passam a ser, como a cor e as propriedades magnéticas, um fenômeno da energia molecular.

Penetrando mais longe na complexidade da química, Bachelard toma um outro exemplo: o da molécula de antraceno cuja estrutura foi inicialmente estabelecida por Pauling segundo as quatro estruturas ressonantes.

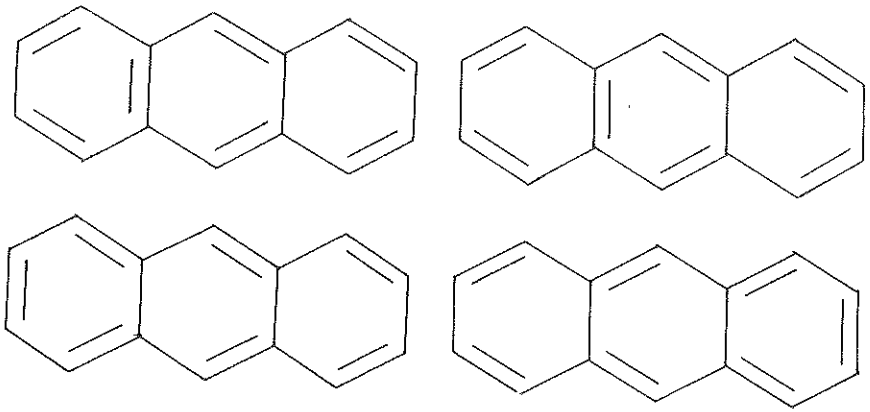


Fig. 1.10 antraceno

Nelas se encontraria o caráter de dupla ligação, assim:

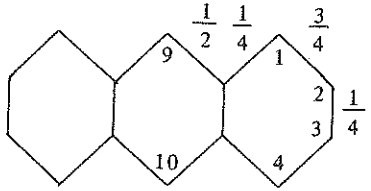


Fig. 1.11

No entanto as experiências não confirmam esses valores calculados.

A verdade é que há mais de 400 fórmulas possíveis para o antraceno.

Em alguns casos, a escolha das estruturas de maior contribuição torna-se um cálculo tão extenso que supera as possibilidades do homem. Somente o computador poderá fazê-lo e aí já se ingressa num outro nível de instrumentalidade duplamente exigido, uma vez que não só a teoria, mas também a representação o demandam.

É interessante notar por que aspecto o autor ligou a química ao computador: pelo aspecto da necessidade de representação, isto é, pela linguagem, à qual não se tem atribuído grande importância como aplicação.

Como toda teoria epistemológica que se diz dialética, também a de Bachelard só pode ser representada por meio de um movimento cíclico, como que por uma espiral de passo cada vez mais largo.

Sem incorrer no dualismo de privilegiar o *sujeito* ou o *objeto*, considera antes a interação de ambos. Mas não se trata de um *sujeito* qualquer ou de um *objeto* qualquer. Tampouco descreve os primeiros momentos de uma racionalidade. Estabelece o modo como se comporta esse racional em perpétuo recomeçar, trabalhando com o conhecimento científico já constituído, e sendo por ele trabalhado.

Não se trata de um *sujeito* pronto a receber tudo ou a ditar tudo. Trata-se de um sujeito capaz "de uma pesquisa onde a perspicácia tende a superar as aparências enganosas do *fenômeno* manifesto para

destacar os traços do *fenômeno* que a experimentação deve revelar". (1)

O *objeto* "seria uma problemática constituída",

> "um *objeto* realmente instrutor, muito mais complexo muito mais comprometido. Tal objeto reclama uma solidariedade entre o método e a *experiência.* É preciso, então, *conhecer o método para conhecer,* para poder alcançar o *objeto a conhecer,* ou seja, no reino do conhecimento metodologicamente valorizado o objeto suscetível de transformar o método a conhecer". (2)

"O pensamento é consciente da normatividade do pensamento. A construção científica é operada por esse movimento eminentemente ativo desdobrado entre esses dois pólos". Por uma mútua reação "trata-se de tornar semelhante o espírito experimentante e as leis experimentais". (3)

Antes de passar ao detalhamento desses conceitos, encerraria este tópico com a síntese da epistemologia de Bachelard proposta por Piaget:

> "princípio de uma equilibração progressiva entre as acomodações, do dado aos esquemas operatórios, ao objeto, tanto mais rigorosas quanto o *"não"*, de onde procedem, não é expressão de contradição, mas antes da mobilidade reversível própria às operações mais essenciais." (4)

Desde a formação dos conceitos assiste-se a um processo contínuo de *repetição,* de *diversificação* e de *retificação.*

Isso se repete num outro ciclo. Mas repete-se diversificando: alargando a espiral, acrescentando, enriquecendo o conhecimento. A

(1) RA. p. 43
(2) RA. p. 56.
(3) RA. p. 51.
(4) PIAGET, J. Introd. à épist. génétique, p. 335.

passagem de um ciclo para outro, mais aberto, faz-se à custa do que Bachelard chama de a *dúvida potencial* ao passo que a retificação se faz à custa do que chama de *erro.*

A dúvida potencial "impediria que o *'resultado'* do labor científico se apresente como definitivo e que a ação do sujeito permaneça satisfatória". Manterá a necessidade de repetir o ciclo, abrindo-o numa curvatura mais abrangente. E estará sempre presente.

Para Bachelard,

> "existe uma problemática anterior a tdoa experiência que se quer instrutiva, uma problemática que se funda antes de se pensar sobre uma dúvida específica, sobre uma dúvida especificada pelo objeto a conhecer. Ela constitui um traço essencial e não provisório da estrutura do espírito científico". (1)

Essa incompletude, esse caráter inacabado do construto científico torna o trabalho sempre inesgotável.

> "O saber científico adquirido deve ser sempre testado, sempre controlado, sempre criticado. Um pouco de *dúvida potencial* fica sempre em reserva nas noções científicas que os filósofos consideram muito simplesmente como dogmáticas (os filósofos, não os cientistas). Essa dúvida potencial é bem diferente da dúvida prévia cartesiana, que é uma dúvida em si, uma dúvida geral, sem aplicação nem objeto, situada, aliás, depois do objeto e não antes dele, como a dúvida potencial." (2)

Essa *dúvida* "não é eliminada por uma experiência bem sucedida". E "poderá renascer, atualizar-se, quando uma outra experiência é encontrada". (3)

(1) NEC. p. 152.
(2) MR. p. 123.
(3) MR. p. 123.

Não é a segurança, é antes o risco que convive com a ciência.

> "Diferentemente do conhecimento comum, o conhecimento científico se faz pelo reencontro de novas experiências; extrai seu dinamismo da provocação de experiências que ultrapassam o campo das experiências antigas. Não se fica jamais seguro do que sobrará de fundamental." (1)

E é em função desse convite que a *dúvida potencial* sempre renova, que a mudança se fará: "nessas novas bases mais largas da ciência ativa, é necessário que as noções se apliquem um pouco diferentemente das aplicações anteriores". (2)

O *erro* em Bachelard é o motor do progresso do discurso científico. Não se trata do *erro* pessoal, oriundo da falta de informação, ou do *erro* gerado pela distração. A ambos Bachelard anatematiza.

"O *erro* cujo primado teórico postula", como afirma Canguilhem, é o que ocorre em pleno mergulho de uma prática pertinaz, mas que, nos limites da consciência possível, ainda não concedeu ao pesquisador a lucidez desejável para dele se desvencilhar. Mas a descoberta de sua existência gera um novo escalão de verdade, cheio de gratificações para o cientista e para a ciência.

A presença desse erro, fato contínuo e presente na epistemologia de Bachelard torna pouco adequada a qualificação de idealista que alguns autores a ela atribuem. Como poderia um idealista conviver com o *erro* tão naturalmente, a ponto de exigir dele a correção das premissas e pressupostos, quando um idealista, nas palavras do próprio Bachelard, só admite a mobilidade dos cataclismas?

O que o pensador surpreende no pensamento científico é "uma verdade sobre um fundo de erros". "O ato de retificação apaga as singularidades vinculadas ao erro". (3)

"É necessário o erro para chegar ao fim (...)". "Não existem verdades primeiras; existem apenas *erros primeiros*". E, como afirma Canguilhem; — "Aqui se anuncia a constituição do *sujeito* pela construção do *objeto*. O *sujeito* não se constitui senão pela distinção daquilo que tomou inicialmente pelo objeto". (1)

> "Não se deve pois hesitar em inscrever no ativo do sujeito sua experiência essencialmente infeliz. A primeira e mais essencial função da atividade do sujeito é a de se enganar. Quanto mais complexo for seu erro, mais rica será sua experiência. A experiência é bem precisamente a lembrança dos erros retificados. O ser puro é o ser desenganado." (2)
>
> "Quando o espírito percebe que se enganou fica maravilhado, porque seu despertar intelectual é fonte de uma nova intuição, toda racional, toda polêmica, que se anima no desmanchar do que foi uma certeza primeira"... (3)
>
> O espírito aprende que toda posição do *dado* pode ser deslocada, e desempenhar então uma função provisória. Surge o ser dinâmico, no qual o vazio do futuro interfere no pleno do presente. As razões para mudar contrabalançam as razões para permanecer. A própria experiência se hierarquiza. Dispõe-se numa série crescente de realidade, ou melhor, de crescente realização, onde o mais real é o mais retificado, o mais distanciado das noções primeiras. O concreto se revela como uma promoção do abstrato, pois é o abstrato que fornece os eixos mais sólidos da concretização. A objetividade assim elaborada se dispõe em profundidade sob o fenômeno. O númeno (a essência) multiplica-se e se mobiliza. As eliminações sucessivas de fenômenos gerais e fugazes, desembaraçam o espírito de experiências pesadas e diversas (...). O espírito dinâmico toma consciência de si e de sua retificação." (4)

(1) MR. p. 123.
(2) MR. p. 123.
(3) RA. p. 48.

(1) ET. Presentations p. 9.
(2) Et. P. p. 89.
(3) Et. P. p. 90.
(4) Et. P. p. 91.

Uma problemática da maior importância suscitada na obra de Bachelard é a da emergência do conhecimento próprio da ciência.

Foi ele quem introduziu o termo "ruptura" para indicar uma descontinuidade entre o conhecimento comum e o conhecimento científico.

Uma vez cunhado o termo, e posto o problema, muitos autores aplicaram-no em situações idênticas ou análogas, apropriando-se por assentimento, da expressão, hoje bastante generalizada. Foi assim com Althusser e, posteriormente, com Foucault e outros.

No âmbito deste assunto porém, a questão não morre com a simples explicação do que significa a *ruptura epistemológica,* necessária à passagem do conhecimento comum ao científico. Embora detectado e rotulado, o processo de passagem constitui ainda um problema epistemológico de dimensões consideráveis. Mais ainda na medida em que outros aspectos escaparam, real ou aparentemente, às especulações de Bachelard. O que não pode deixar de ser avaliado.

Obviamente, logo de partida impõe-se a questão:

— Mas é só com o conhecimento comum que o pensamento científico tem de *"romper"* para construir seu conhecimento próprio?

E porque não terá de *romper* com as ideologias, ainda que estas sejam não um conhecimento, mas instituições capazes de influir no pensamento?

Ademais, na própria sucessão e progresso do conhecimento científico, dentro de suas fronteiras, como se efetua a passagem de um conhecimento epistemologicamente menos valioso para outro, mais confiável?

Os autores se distinguem em considerar ou não como *ruptura* (no sentido proposto por Bachelard) esse último tipo de ocorrência. A meu ver, Bachelard considera também essa passagem uma ruptura, que qualifica de histórica, e que por vezes atenua, antepondo um *"não"* à designação da teoria antecedente: não-lavoisieriana, não-aristotélica, não-newtoniana etc.

Vejamos como fica caracterizada em Bachelard a *ruptura epistemológica* na sua primeira acepção:

Antes de tudo, trata-se de uma *ruptura* nítida com o conhecimento vulgar, como ocorre na química (e na física) contemporânea.

Para o autor ela é nítida, embora isto constitua um problema ainda em discussão no âmbito da epistemologia. Em alguns casos ela é bem constatável pela demarcação das fronteiras. E, mesmo assim, existem autores, como Piaget, a quem se atribui o feito de *"diluir"* o *"salto"*, estabelecendo um processo contínuo-descontínuo para o trânsito entre os dois tipos de conhecimento. Isso porque Piaget não abre mão de certas condições de pensamento comuns ao conhecimento comum maduro e ao conhecimento científico.

> As capacidades básicas que permitem a existência da ciência formal, como as de informar, ordenar, classificar, inferir, pensar com base em proposições e em hipóteses (se... então) etc., são, na sua concepção, as mesmas capacidades que convertem o conhecimento espontâneo em algo amadurecido, estável, logicamente coerente e aberto a novas descobertas. Contudo, ... o gênio de Piaget consiste mais na investigação que levou a cabo acerca dos antecedentes genéticos do pensamento científico que na análise do seu produto final. (1)

Mas se, dissolve ou atenua o salto, Piaget não o pode negar.

Confirmando a clara constatação desse "salto", Bachelard cita a *ruptura epistemológica* provocada por Lavoisier quando aboliu a noção geral do flogístico — que impregnava o conhecimento comum —, ao descobrir o oxigênio, mostrando a multiplicidade dos gases (Priestley chamava o oxigênio de antiflogístico).

Em segundo lugar, a passagem do conhecimento comum ao conhecimento científico obriga à mudança de tipo de determinações: das diretas para indiretas. Por exemplo, na era positivista (Séc. XIX), quando se tratava de determinar o peso atômico, a balança

(1) FURTH, A.G. Las Ideas de Piaget - p. 38. Apud Castro, *Teoria do conhecimento científico.* 3.º vol. p. 158.

era suficiente. No século XX, porém, "separam-se" e "pesam-se" isótopos çor uma técnica indireta. Usa-se o espectroscópio de massa. (1)

Continuando a caracterizar a "ruptura": no âmbito do conhecimento científico lida-se com *"resultados"*, não mais com *"dados"*. Os fenômenos elétricos da matéria são ocultos, é preciso instrumentá-los para que se manifestem. As medidas conduzem a resultados, ficando para trás o velho hábito de construir a partir dos dados.

Mais ainda, o conhecimento científico gera "teoremas reificados". O que o homem faz na ciência não existe naturalmente. "As trajetórias dos isótopos no espectrômetro de massa não existem na natureza". (2)

Sob outro aspecto, com relação ao mecanismo operatório do agente, o conhecimento científico estabelece o primado da reflexão sobre a percepção; não basta apenas observar ou perceber. É necessário *acumular, coordenar, classificar, selecionar, rejeitar, reorganizar* e *discutir,* para alcançar a construção.

Mas, dentre todos os critérios que caracterizam a "ruptura", o que parece mais fundamental é o que assenta na contraposição do *fenômeno* (aparência) ao *númeno* (essência).

Admite-se geralmente na epistemologia que, enquanto o conhecimento comum consiste basicamente na captação dos *fenômenos* (aparências), os conhecimentos científicos atingem as essências. Recorre-se, para marcar essa distinção, à linguagem de Kant, embora para este a essência fosse incognoscível em termos absolutos.

Bachelard, ao usar o termo *númeno* (essência), tomado da filosofia Kantiana, dialetiza-o (alarga-o), fazendo dele, portanto, um uso não kantiano, e admitindo um númeno complexo. Ademais considera que, no conhecimento científico, a essência é de natureza diferente da própria natureza do fenômeno a que se reporta.

> "Ao explicar a natureza química de um elemento pela organização de corpúsculos elétricos, a ciência contemporânea estabelece uma nova ruptura epistemológica. Uma espécie de não-química foi constituída para sustentar a química. E que ninguém se engane, não foi a fenomenologia elétrica que se colocou como base de fenomenologia química. No átomo, as leis da fenomenologia elétrica são também elas desviadas, dialetizadas. De forma que uma eletricidade não-maxwelliana vem se oferecer para a construção de uma doutrina não-kantiana química." (1)

(1) RA. p. 101.
(2) RA. p. 103.

A problemática se torna mais complexa quando se trata da preparação dos fenômenos tecnicamente constituídos; ao que Bachelard chama de fenomenotécnica.

Na lâmpada antiga, a iluminação se dava à custa da combustão. A lâmpada de bulbo com filamento, não tem, fora o nome, nada de comum com ela. No fenômeno tecnicamente construído por Edson, a iluminação está ligada a outro princípio que rege a incandescência.

> "A história efetiva está aí para provar que a técnica é uma técnica racional, uma técnica inspirada por leis racionais, por leis algébricas...
>
> Sabe-se que a lei racional que regula os fenômenos da lâmpada elétrica incandescente é a lei de Joule, que obedece à formula algébrica $W = RI^2t$.
>
> Eis um relato exato de conceitos bem definidos." (2)

Na segunda acepção de *"ruptura"*, ela aparece na passagem de um ciclo evolutivo da ciência para outro, como sinônimo de "revolução científica" ou "salto".

Embora alguns autores não a tenham detectado em Bachelard, atribuindo a ele apenas a primeira acepção do termo, essa segunda acepção de ruptura aparece categoricamente na obra desse autor e em vários momentos.

> "É preciso pensar o núcleo do átomo numa dinâmica de energia nuclear, e não mais numa geometria

(1) FN. p. 61.
(2) Act. p. 25.

de arranjo dos seus constituintes. Tal ciência não tem analogia no passado. Ela constitui um exemplo particularmente nítido de *ruptura histórica* na evolução das ciências modernas." (1)

Outras vezes, mesmo no interior do ciclo evolutivo, a *ruptura* aparece como uma síntese histórica:

> "E no entanto, malgrado seu caráter revolucionário, malgrado seu caráter de *ruptura* com a evolução histórica regular, uma doutrina como a mecânica ondulatória é uma síntese histórica, porque a história — estancada duas vezes em pensamentos bem feitos: os pensamentos newtonianos e os pensamentos fresnelianos —, retoma um novo ponto de partida e tende a uma nova estética de pensamento científico." (2)

Ainda em outro momento aparece, bem clara, a utilização do conceito: Referindo-se às publicações de Heitler e London sobre a molécula de hidrogênio, cita Bauer. "Esse estudo marca uma verdadeira descontinuidade na história da Química. Depois dele, os progressos foram rápidos".

> "Em seus instantes inovadores, diz Bachelard, a descoberta tem uma tão grande pluralidade de conseqüências, que se toca, com toda evidência, numa descontinuidade do saber. A molécula de hidrogênio não é mais um simples detalhe do materialismo, um objeto de pesquisa como os outros. A molécula de hidrogênio, após os estudos de Heitler e London, é um motivo de instrução fundamental, uma razão de reforma radical do saber, um novo ponto de partida de filosofia química. (3)

(1) Act. p. 25.
(2) Act. p. 25.
(3) MR. p. 211.

Em outra área do conhecimento químico, Bachelard detecta uma contínua revolução semântica. Permanentemente, a nomenclatura deve ser retificada, completada, sutilizada. E cita um exemplo:

> Não há nenhuma continuidade entre a noção de temperatura de um núcleo e a noção de temperatura do laboratório (...). Um termo usual usado entre aspas num texto científico é o signo da mudança do método de conhecer (...). Do ponto de vista epistemológico, é o signo de uma *ruptura,* de uma descontinuidade de sentido, de uma reforma do saber. A linguagem científica é por princípio um neologismo. (1)

A *nitidez* a que o autor se refere como elemento da ruptura não é para ele sinônimo de *clareza.* Muitas vezes o conhecimento comum é mais claro que o conhecimento científico. Este tem zonas de obscurecimento, regiões ainda não suficientemente penetradas.

Aliás, a depuração do pensamento científico atravessa um processo de *catarse* a que ele chama de psicanálise do conhecimento. Trata-se da superação dos obstáculos *epistemológicos,* de que tratarei a seguir.

Depois das considerações de ordem geral, numa tentativa de caracterizar o que sejam esses obstáculos, distinguiremos sua maior aplicabilidade, segundo o tipo, em situações de ensino ou de produção científica (pesquisa).

Os obstáculos epistemológicos são

> "lentidões e perturbações, que, por uma espécie de necessidade funcional, causam inércia, estagnação e regressão no ato do conhecimento (...). Não se trata de obstáculos externos, como a complexidade ou a fugacidade dos fenômenos, nem tampouco internos como a fraqueza dos sentidos e do espírito humano (...). Trata-se antes, de um impedimento que aparece no ato mesmo de conhecer. É antes uma espécie de resistência implantada

(1) MR. pp. 216-217.

previamente, de tal modo que o conhecimento sempre se faz contra um conhecimento anterior. Conhecer seria destruir conhecimentos mal feitos superado o que constitui no próprio espírito, obstáculo à espiritualização (...). É impossível fazer de repente "tábula rasa" dos conhecimentos usuais. Mas será preciso contradizer o passado." (1)

"Aceitar que muitas vezes o que se pensa saber ofusca o que se deveria saber (...). Admitir que o espírito nunca é jovem quando se apresenta à cultura científica. Ao contrário é velhíssimo, pois tem a idade dos seus preconceitos (...). Introduzir-se na ciência é rejuvenescer, aceitar uma mutação brusca que deve contradizer o passado (...). Rejeitar a *opinião,* pois a opinião pensa mal, ou não pensa. Traduz necessidade em conhecimentos. E o espírito científico nos proibe de ter *opiniões* sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular claramente." (2)

Os *obstáculos epistemológicos* se incrustam num conhecimento não questionado. Uma questão abstrata e franca se deteriora; uma resposta concreta permanece.

"Quantas idéias dominantes polarizam o espírito em sua totalidade (...). Freqüentemente, com o uso, as idéias adquirem um valor indevido (...). E um valor em si se opõe à circulação de valores. Acaba por ser um fator de inércia (...). O instinto formativo, se persiste, acaba por ceder ao espírito conservador. Este último prefere o que confirma seu saber ao que o contradiz, ou prefere as respostas às questões. Então o espírito conservador domina, cessa o crescimento espiritual." (3)

(1) FES. pp. 13-14.
(2) FES. p. 14.
(3) FES. p. 15.

"Toda cabeça bem feita (produto de uma escola) é seguramente uma cabeça fechada. Precisa ser refeita. Muda então de espécie. Opõe-se à espécie precedente por uma função decisiva. Pelas revoluções espirituais requeridas pela invenção científica, o homem se torna uma espécie mutante, ou melhor, uma espécie que tem necessidades de mudar, que sofre por não mudar. E, espiritualmente, o homem tem necessidade de ter necessidades". (1)

O *obstáculo epistemológico* pode ser estudado no desenvolvimento histórico do pensamento científico ou na prática da educação.

Em qualquer desses casos, é um estudo difícil.

"A história é hostil aos julgamentos normativos". Quando, à luz dos conhecimentos atuais detecta-se que um fato foi mal interpretado no passado, para um historiador ele permanece um fato. "Porque compete ao historiador tomar idéias, como fatos. Para o epistemológico, os fatos são tomados como idéias, e inseridos num sistema de pensamentos". Quando julgados, podem ser tomados como obstáculos epistemológicos — ou seja, um "contra-pensamento".

"Numa mesma época, sob uma mesma palavra existem conceitos muito diferentes. O que nos engana é que a mesma palavra ao mesmo tempo designa e explica. Por exemplo, à palavra telefone correspondem conceitos que diferem totalmente para o assinante, a telefonista, o engenheiro, e o matemático, preocupado com as equações diferenciais da corrente telefônica. Cabe pois ao epistemólogo procurar apreender os conceitos científicos em sínteses psicológicas efetivas, isto é, progressivas, estabelecendo, no tocante a cada noção, uma escala de conceitos que mostre, como um conceito produziu um outro, ligou-se a outro. Terá então alguma chance de medir a eficácia epistemológica. E logo o

(1) FES. p. 16.

pensamento científico aparecerá como uma dificuldade vencida, como um obstáculo superado." (1)

O *obstáculo* porém, tem sua atuação mais decisiva nos momentos de importância vital para o crescimento da ciência. "Quando uma organização do saber existente, diz Lecourt(82), está em jogo, prestes a uma *ruptura,* a um *salto,* ele aparece como uma superdeterminação, uma acumulação de contradições". (2) Passa a ser uma anti-ruptura. A análise dos obstáculos é extensa. E eles não são homogeneamente importantes para a química

Deixarei para o espaço destinado à pedagogia, as considerações sobre alguns desses obstáculos, limitando-me agora a mencionar só levemente, a modo de registro, a importância daquele que é denominado o *conhecimento pragmático.*

Esse obstáculo, embora oriundo do século XVIII, pelo menos de forma manifesta, ainda permanece vivo.

O argumento justificativo que apresenta é a utilidade. Um fenômeno pode ser explicado por ser útil. Procura-se julgar os objetos pelas relações de utilidade ou familiaridade que têm conosco. A tempestade (que traz fertilidade à terra), o movimento diurno do planeta, tudo tem utilidade. Assim, este último fenômeno era bem compreendido por Voltaire, preocupado com o caráter útil dos fenômenos, e a quem muito intrigou, por não lhe descobrir utilidade alguma, o fenômeno da precisão dos equinócios... Até aos detalhes dos fenômenos tenta-se atribuir uma confortável utilização.

Mais um passo à frente, e o pragmatismo passa a ditar que o "verdadeiro deve dobrar-se ao útil". E que "o verdadeiro sem função é um verdadeiro mutilado". (3)

"A ciência pura é, mesmo ela, socializada. Pertence à psicologia do que chamo — não sei se fui eu quem cunhou este nome — uma *cidade científica*". E assim Bachelard declara que, nesse espaço, o pensamento científico tenta recuperar seu caráter social aposto ao seu status intersubjetivo. (4)

(1) FES. p. 15-16.
(2) LECOURT. Pour une critique de l'epistemologie, p. 28.
(3) FES. p. 94.
(4) ER. p. 54.

A *cidade científica.* Esta, mais que um agrupamento de pessoas, é a comunhão dos seus pensamentos, do racionalismo aplicado a um domínio, a uma teoria, a uma técnica. É, citando o poeta, Henri Pichette, como a "expressão do homem à milésima pessoa do singular." (1)

Ei-la então:

> "construída sobre a pluralidade essencial dos pensadores de um determinado pensamento científico, uma geração de sábios unificada na singularidade de uma verdade toda nova, na facticidade de uma experiência desconhecida pela gerações anteriores." (2)

O caráter social da ciência é fruto justamente da evidência de um progresso que não seria alcançado individualmente, por melhor que fosse o pesquisador. É prova disso a produção matemática "que, até o século XX, não apresentava um único trabalho *a duas mãos*". Ao cientista porém não basta estar agregado a essa cidade. Para pertencer a ela, precisa comungar de sua contemporaneidade. Uma atividade anacrônica, no nível de uma epistemologia superada, exclui o indivíduo de sua comunidade e lhe tira o direito de cidadania, "nitidamente determinado pela modernidade da pesquisa".

Todo individualismo é também anacrônico. Desde o primeiro momento intersubjetivo, ou até mesmo intra-subjetivo, o conhecimento gerado tem obrigatoriamente de passar pelo crivo socializante: "toda doutrina de objetividade vem sempre submeter o conhecimento do objeto ao controle de outro". (3)

> "A ciência moderna trabalha com materiais experimentais e quadros lógicos socializados de longa data e, por conseguinte, já controlados." (4)

(1) Act. p. 7. Apud Ep. p. 141.
(2) Act. p. 7. Apud Ep. p. 140-141.
(3) FES. p. 241.
(4) FES. p. 241.

Esta afirmação pode ser ilustrada pela atividade.

> "Toda medida precisa é uma medida preparada. A ordem de precisão crescente é a ordem da instrumentalização crescente, e, pois, da socialização crescente." (1)

Diz Landry, citado por Bachelard:

> "deslocar um objeto 1 cm em cima de uma mesa é fácil; 1 mm já exige um jogo complexo de músculos antagônicos (...). A última medida exige que se freie a estimulação, que se corrijam os insucessos. Mas ainda se trata de uma operação científica. Essa começará na decimal seguinte. Se quisermos medir o comprimento de onda de uma radiação, precisaremos não só de aparelhos, de atividade profissional, mas até de uma teoria (...). O instrumento de medida termina por ser uma teoria. Tem-se de compreender que o microscópio é mais o prolongamento do espírito que do olho." (2)

Assim também a presença de aparelhagem e de reagentes é um testemunho da socialização da ciência.

> Cada época da ciência, no seu desenvolvimento moderno, estabeleceu um corpo de reagentes construído num nível bem determinado de purificação (...). E a ciência contemporânea trabalha com reagentes novos e instrumentos novos, jamais conhecidos anteriormente (...). Tal "fabricação exige uma cidade que industrializa a ciência de alto e baixo." (3)

(1) FES. p. 241.
(2) FES. pp. 241-242.
(3) MR. p. 78.

Segundo Bachelard, a *cidade científica* tem a função de controlar, verificar, confirmar, pré-analisar, ensinar, normalizar a ciência. (1)

A criação da ciência se processa de uma forma muito particular: além de uma dialética própria, tem como instrumentos o *consenso* e a *polêmica*.

Um resultado de pesquisa é aprovado pelo critério consensual de verdade e só depois ganha foro de objeto científico.

> "Quando o conhecimento comum e o conhecimento científico registram o mesmo fato, o mesmo fato não tem certamente o mesmo valor epistemológico nos dois conhecimentos. Se o 'odor' de eletricidade (odor que se registra no ar após um relâmpago) é um desinfetante, e se o ozônio é um poderoso oxidante que desinfeta, não existe entre estes dois conhecimentos uma mudança de valor do conhecimento? De um fato *'verdadeiro'* a química teórica faz um conhecimento *verídico*. Somente ele, este dupleto de *verdadeiro* e de *verídico* descreve a natureza polar do conhecimento. Este dupleto permite reunir os dois grandes valores epistemológicos que explicam a fecundidade da ciência contemporânea. A ciência contemporânea é feita da pesquisa de fatos verdadeiros e da síntese de *leis verídicas*. As leis verídicas da ciência são fecundas de verdades, prolongando as verdades de fato em verdades de direito. O racionalismo, por suas sínteses do verdadeiro, abre uma perspectiva de descobertas (...). Após ter acumulado os fatos verdadeiros e organizado as verdades dispersas, adquiriu uma surpreendente potência de previsão." (2)

O racionalismo ativo exige o *consenso* oriundo da cidade científica. "São núcleos de apodicidade". (3) Núcleos de afirmação da verdade, de juízos logicamente necessários.

(1) RA. p. 60.
(2) MR. p. 224.
(3) RA. p. 132.

O *consenso* que define socialmente um racionalismo regional "(particular de uma ciência) é mais do que um fato, é o signo de uma estrutura". Essa estrutura corresponde à estrutura do saber". "Através dela, a ciência instrui a razão." (1) Se a estrutura da ciência química é teórico-experimental, o consenso se efetivara sobre as provas de validade, que, da teoria à experiência, permitirão uma verificação recíproca no âmbito da prática científica.

Um bom episódio de estruturação ocorreu quando Maxwell, a partir da fórmula

$$K = n^2$$

(poder dielétrico) = (índice de refração) (2)

relacionou a constante dielétrica ao índice de refração, fenômenos que eram estudados separadamente.

> "Esta 'soldagem' de dois fenômenos tão diversos quando a eletricidade e a ótica, sugere novas significações. Os fenômenos imediatos, óticos ou elétricos, tomam novo sentido. O índice de refração da luz passa a ter um significado elétrico e a constante dielétrica da substância, um significado ótico (...). Tem-se tudo quando tudo é construído. A construção revela os valores da estruturação. Os fundamentos se estabelecem por recorrência. Vê-se o fundo a partir do cume." (2)

Como o confirma o fato acima citado,

> "compreender um fenômeno novo não é simplesmente anexá-lo a um saber já adquirido, é reorganizar os princípios mesmos do saber, de maneira a que estes recebam bastante luz e que se possa dizer: deveríamos ter previsto o que acabamos de ver." (3)

(1) FN. p. 144.
(2) RA. p. 153.
(3) RA. p. 153-154.

Mas essa afirmação jamais poderá partir de uma pessoa isolada, devendo provir de um conjunto plural de membros da cidade.

O *consenso* a que chegam os cientistas não é, porém, uma conquista fácil. É alcançado por um árduo labor do dia a dia dos *"trabalhadores da prova"*. E o caminho para chegar à verdade é o caminho da *polêmica*.

> "O racionalismo aplicado trabalha numa zona onde as provas são progressos, e o progresso uma prova. Uma certeza provada clareia uma verdade que superou uma polêmica; que pôde, por conseguinte, enfrentar uma polêmica." (1)

E de onde surge, e como se desenvolve essa *polêmica?*

"Em todas as tentativas de racionalização, na multiplicação dos pontos de vista, nos labirintos da pesquisa".

"Creio que se é instruído *contra alguma coisa,* pode ser mesmo *contra alguém* e até *contra si mesmo*. É isto que dá aos meus olhos tanta importância à *razão polêmica"*. (2)

O ser instruído contra... significa em Bachelard que nada pode ser conhecido, ou seja, nenhuma verdade nova adquirida, sem antes se destruir no espírito o tecido de erros que lá já está instalado ou pode vir envolvendo ou penetrando a própria verdade nova.

Portanto, no "contra alguma coisa", a *polêmica* incide sobre o próprio conteúdo do saber. Em todas e em cada uma das noções científicas. E considerando que essas noções não estão no mesmo momento do seu desenvolvimento conceitual — uma estando no nível do empírico, outra no nível do racional Kantiano, e outra em vias de dialetização, para só citar esses degraus — o processo de polemização terá diferentes características. Em alguns casos conservará certos aspectos de definição, em outros distinguirá aspectos, e em outros suprimirá, ou finalmente rejeitará conteúdos de nível racional menos elaborado.

(1) RA. p. 31.
(2) ER. p. 34.

Essa "alguma coisa" pode ser um bitolamento metodológico. A supressão de um dos termos da dialética teoria prática. A polêmica que Bachelard considera real e útil é aquela que se dá entre o pensamento racional e a atividade experimental: "porque é preciso participar do duplo progresso do pensamento teórico formulado em sistema racional e da atividade experimental agudizada pela técnica". (1)

A polêmica *"contra si mesmo"* se implanta no interior do próprio cientista, numa atividade autopolêmica: "um valor de crítica sobre as experiências antigas e um valor de domínio sobre experiências novas". Um valor de crítica com relação ao conhecimento oriundo das idéias adquiridas: "antes de querer conquistar os outros, é preciso estar-se bem seguro de que não se é escravo das idéias que os outros nos legaram por pura tradição". (2)

Pela autocrítica, cada um deve submeter seu saber científico à instrução da ciência moderna. As novas aquisições provocarão retificações que chegarão até as noções de base.

Até mesmo, porém, essas noções de base devem ser autocriticadas. Daí a proposta que Bachelard apresenta da construção do *perfil apistemológico*. Esse perfil aparece sob forma de um quadro com eixos coordenados em relação aos quais se situam os níveis de conhecimento.

Na abcissa de sua evolução, colocam-se regularmente os sistemas filosóficos, numa ordem idêntica para todos os conceitos, ordem que vai do *animismo* ao *ultra-racionalismo* (ou do realismo *ingênuo* ao *racionalismo dialético)*, em sucessão hierárquica. Esta evolução filosófica, porém, é ditada pela própria progressão do pensamento científico, sendo ele que ordena as filosofias no seu eixo próprio.

Tomaremos o *perfil epistemológico* da noção de massa para mostrar a auto-análise a que Bachelard se submete, obviamente indicando como poderemos também nós proceder uma auto-análise.

(1) MR. p. 8.
(2) RA. p. 50.

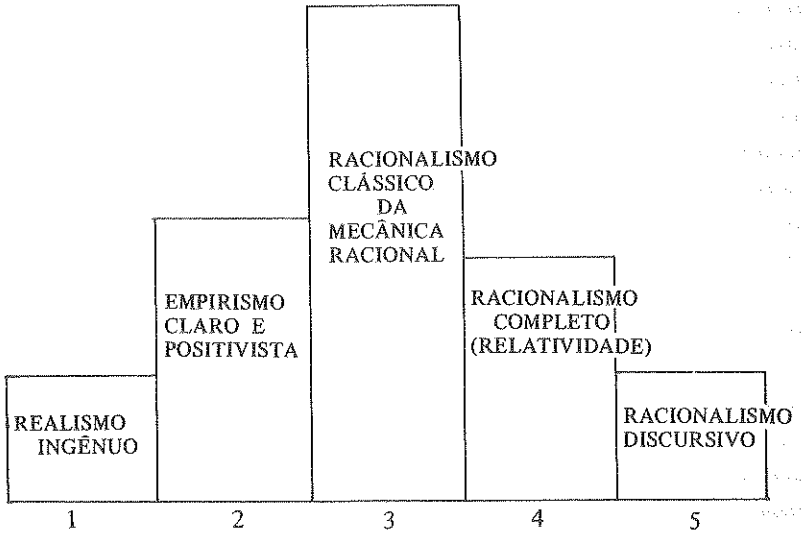


Fig. 1.12

Nas abcissas do diagrama estão os diversos sistemas filosóficos em jogo: *realismo ingênuo, empirismo, racionalismo clássico, racionalismo completo* (relatividade) e *racionalismo discursivo* (dialético).

O *realismo ingênuo* mergulha-nos numa apreciação quantitativa grosseira da noção de massa. Eivada dos aspectos noturnos do inconsciente, aliada aos aspectos culturais locais, prenhe de senso comum e de fantasia.

O autor acumula aí todo o acervo de associações simbólicas, metafóricas e espontâneas do conhecimento comum, contaminado de irracionalidade. Dessa forma, faz desfilar as imagens: a massa que torna um fruto maior está vinculada à avidez de uma criança gulosa. Contrariamente uma fruta que esconda sob a casca espessa uma ausência de polpa de massa conduzirá a uma frustração. A experiência de vida porém, conduz as pessoas idosas a já valorizarem as coisas independentemente do seu tamanho. Torna preciosa uma pequena pedra na concha da mão de um velho: sabe-se já que nem

sempre o maior é o mais rico... Mas, contraditoriamente, o outro pressuposto desse realismo ingênuo é também que a massa em geral não será identificada como atributo num objeto de tamanho desprezível. De certo modo, ela só é considerada naquilo que cresce. Contudo fechando finalmente o ciclo dessa múltipla contradição, desde que se passe a admitir que possa ser pequena, ela terá de concentrar intensamente propriedades numa forma de riqueza profunda e íntima. Finalmente, a massa confundida, através a construção cúmplice da linguagem, com seu homófono "maça", passa a ser o instrumento da vontade de poder.

No âmbito do *empirismo,* a massa é indicada pela balança. Sua utilização é empírica e pré-científica. O instrumento precede à teoria da instrumentação. Os romanos constroem sua balança antes de conhecer as leis da alavanca; embora a comparação das massas se faça por intermédio da relação entre o peso e braço da balança, o usuário não alcança esse saber, e a sua conduta é motivada por um pensamento empírico, sólido, claro e positivo, mas imóvel. Essa conduta tão útil e freqüente produz o aforismo: pesar é pensar.

Com o *racionalismo clássico,* a noção de massa entra num corpo de noções analisadas pelas leis racionais da aritmética. (8) Seu valor pode ser deduzido mediante a formulação de Newton.

$m = f/a$ Sendo:

m = massa
f = força
a = aceleração

A determinação apriorística dessa relação enquadra o raciocínio de Newton na racionalidade kantiana do século XIX. Estamos no terreno onde se admite espaço absoluto, tempo absoluto, massa absoluta, separados e sempre reconhecidos. E tão independentes na conceituação que passam a ser *átomos nocionais.* Como já comentamos anteriormente, com eles se cria o sistema de medida C.G.S., abarcando tudo o que se mede. Bachelard confessa, que, tendo sido formado nesse pensamento, em sua infância e juventude, a maior parte das vezes em que considera a massa, o faz dentro dessa concepção.

Com o *racionalismo completo* o universo se reorganiza. As funções preponderantes não são mais externas. Interiorizam-se, o que era simples e unitário torna-se complexo. O átomo nocional é de uma extrema riqueza. A noção torna-se objeto de análise. A massa autodefinida independe da velocidade e se torna, no racionalismo completo de Einstein, uma função complicada da velocidade. A massa de um objeto é relativa ao deslocamento desse objeto. Definir o repouso é uma tentativa vã. Perde o sentido falar-se em repouso absoluto, ou em massa absoluta.

Do ponto de vista externo, a massa também se comporta diferentemente com relação às acelerações normal e tangencial. E sobretudo, a revolucionária afirmação: a massa não é heterogênea à energia. (Note-se a presença da filosofia do *não).*

— "Dize-me como te comportas e eu te direi quem és". A mecânica de Dirac é parte da concepção mais geral e mais totalitária do fenômeno da propagação. "A forma da propagação definirá o que se propaga". Dirac por meio das equações pluralizadas, estabelece o "quarteto que o matemático deve dirigir na sua mecânica para combinar as quatro funções associadas a qualquer propagação". (1) Seguindo-se a isto vêm os momentos magnéticos e elétricos, os *spins,* e eis a massa dialetizada. Nos termos finais do tratamento matemático, surge a massa positiva, em tudo coerente — ou tornando-os coerentes, — com os racionalismos anteriores, e a noção de massa negativa, a instigar e desafiar a mente dos cientistas, incapazes ainda de fornecer-lhe uma expressão experimental. Uma solução teoricamente precisa e inegável de um fenômeno ainda desconhecido. Diante disso, a cidade da ciência fará a única pergunta cabível: Por que não?

O perfil que Bachelard traça de si mesmo, indica pouco uso da noção de massa oriunda desse racionalismo dialético.

E finalmente, após esses parênteses retomo à questão da polêmica no seu aspecto final. Polemizar contra alguém. Com nossos contemporâneos na construção das provas. Discussão que se efetiva nos parâmetros de determinado estilo. Essa polêmica não se instaura a propósito de questões gerais, mas sobre situações aplicadas, ou seja, sobre situações *problematizadas.*

(1) FN. p. 35.

A *problematização* garante uma unidade de discussão, mesmo que os membros da polêmica tenham diferentes especializações. Aliás, a problematização abre talvez a única possibilidade eficaz para trabalho interdisciplinar.

> "Estamos reunidos aqui para multiplicar os problemas e aumentar sua dificuldade, para entrever questões no próprio domínio para o qual trazemos respostas. De tal modo que, ao nos separarmos, tenhamos a consciência de ter ganho, com um acréscimo de tarefas, o dinamismo espiritual que nos permitirá cumprí-las." (1)

Diz Bachelard, citando Marx, "colocar uma questão é resolvê-la", porquanto são as questões, e não as respostas, que traçam o roteiro das buscas que constituem o processo.

Mas, sendo o *problema* um elemento tão importante para o conhecimento científico, acredito ser necessário alinhar alguns dos comentários e reflexões colhidos ao longo da obra de Bachelard a esse respeito.

O racionalismo aplicado estabelece o *objeto* como *matéria do problema* e o sujeito como *consciência do problema.*

O *problema* a resolver põe o ser pensante no limite do seu saber, após ter feito a enumeração dos próprios conhecimentos adequados à sua resolução, e ter ainda dinamizado bases do próprio conhecimento, pondo-as em questão. Dessa forma, o *problema* constitui o "cume ativo" da pesquisa.

A mobilização da inteligência opera por meio da dinâmica dos momentos: fundamentação dos conhecimentos, exigência de coerência, instauração da dialética, emergência e solução do problema.

É o *problema* que permite ao cientista chegar ao outro, ou aos outros. Não há necessidade de identidade completa. Há necessidade de se constatar o mesmo *problema.* Se o outro reluta em constatar, pode ser convocado pela obrigação de constatar:

> "Já que eu reconheço que o que acabo de pensar é uma normalidade para um pensamento normal, tenho meios de te forçar a pensar o que eu penso. Com efeito, pensarás o que eu pensei na medida em que eu te torne consciente do problema cuja solução acabo de encontrar." (1)

E se o outro, não constatando gratuitamente, ou induzidamente, permanecer inatingível, o cientista poderá "obrigá-lo" a constatar mediante um "acordo discursivo": "não à base do que se *possui* em comum, mas à base do que chegará a ser comum". Esse movimento de apelo é assim descrito por Bachelard:

> "Penso que tu vais pensar o que acabo de pensar, desde que eu te informe do *acontecimento de razão* que acaba de me obrigar a pensar à frente daquilo que eu pensava." (2)

O *problema* não pode ser um fato isolado, mas uma correlação, no mínimo, de leis. Lancemos mão de um exemplo:

Um fato que não está ligado a uma lei arrisca-se a ser mal compreendido.

> "Quem compreendeu a teoria científica do *ponto de orvalho,* tem consciência de carregar uma prova definitiva que encerra uma antiga controvérsia. Renan acreditava consertar um erro com outro: 'ao vulgo se afigura que o orvalho cai, do céu, e se apieda do cientista que afirma que ele sai das plantas'. As duas afirmações são igualmente falsas, trazendo a marca de um empirismo sem organização de leis. A técnica do

(1) ER. p. 34.

(1) RA. p. 58.
(2) RA. p. 58.

higrômetro, como os de Daniel ou de Renault, dá uma garantia de objetividade menos fácil de obter através de uma observação 'natural'. O fenômeno do *orvalho* é racionalizado pela lei fundamental da higrometria, que liga a tensão de vapor à temperatura. Apoiado na racionalização de tal lei, pode-se, sem contestação possível, resolver o problema do orvalho. (1)

Com a garantia de ter formulado o mesmo *problema*, as pessoas podem se unir na prova.

Ademais, a solução de um *problema* confere uma nova clareza ao seu enunciado; como configura também: "a consagração do método, a prova da eficácia do pensamento e a socialização da verdade". Enfim, a solução de um problema "beneficia-se dos valores de uma descoberta bem ordenada". (2)

As filosofias são insuficientes para analisar o conhecimento científico. No "espectro" de pensamentos filosóficos, que têm por eixo a atividade de criação científica, Bachelard, praticamente cria a idéia da não-filosofia como a única capaz de servir à ciência. No eixo central está o padrão de conhecimento na sua expressão mais válida.

Esse padrão do conhecimento para Bachelard, é a atividade de conhecimento científico em sua polaridade interativa: teoria e técnica. Assim, essa polaridade passa a ser o eixo de organização da própria filosofia, tomando o lugar da teoria do conhecimento. Se dobrarmos a figura ao longo desse eixo central, cada posição filosófica se justaporá à posição que se lhe opõe na ordem das idéias: idealismo-realismo, convencionalismo-empirismo, formalismo-positivismo. Há também, nessa análise "espectrográfica" das filosofias, uma graduação segundo a qual as filosofias que se dão por estritamente ligadas à ciência estão mais próximas do eixo central.

Para Bachelard o movimento do centro para o *idealismo* significa um mergulho gradativo na impotência, e aquele do centro ao *realismo* com avanço crescente na irracionalidade.

Observa-se de fato que esses níveis de abordagem estão des-

(1) RA. p. 52.
(2) RA. p. 58.

locados do centro onde se processa realmente o ato de conhecer. O que a Figura 2.1.3 indica é que todas as teorias do conhecimento ali referidas são falhas e imprecisas, só sendo eficaz aquela não filosófica. Pois bem, o que está dito é que o cientista, quando sai de sua perspectiva e adota uma perspectiva filosófica de outrem, incide em falta. Assim sendo, Bachelard lhe pergunta: "qual a filosofia de vossa prática?" e ele mesmo responde "os sábios não professam sua própria filosofia. Porque a construção dialética cumprida na prática, no trabalho, impede que a falta de lucidez filosófica imobilize o trabalhador da ciência". (1) Se a experiência e a teoria não se ajustam, o matemático e físico não declarariam que a ciência está em crise, como faria o filósofo que os observa (segundo Bachelard), mas tratariam de trabalhar mais; um reveria suas teorias e reformularia novas hipóteses, outro depuraria sua experiência e controlaria seus instrumentos. Nenhum dos dois se recusaria a reconstruir da base o edifício de sua ciência. "Contudo, essa *dialética espontânea* aí presente, embora operante, se for ignorada deixará cego quem a pratica para as resistências do pensamento que se opõe seu pensamento". (2)

É neste justo momento que o *obstáculo epistemológico* é reintroduzido.

Idealismo

Convencionalismo

Formalismo

Racionalismo aplicado e Racionalismo técnico

Positivismo

Empirismo

Realismo

Fig. 1.13 Espectro filosófico

(1) MR. p. 20.
(2) RA. p. 2.

Há divisões, territórios, há "distritos" nessa cidade dos cientistas. São os domínios da cultura especializada. Essa acaba sendo a garantia de aprofundamento, de confiabilidade e só o especialista tem crédito para dialogar com outros especialistas e daí chegarem ao pensamento científico integral, capaz de resolver problemáticas de maior vulto. Sob dois argumentos, Bachelard valoriza a especialização do pensamento científico: "(ela) tem uma recorrência tão profunda na direção do passado do saber, que redescobre toda a eficácia dos pensamentos gerais e estimula as especializações paralelas". Em suma, "pela verificação detalhada, atualiza a generalidade e prepara a dialética". (1)

Vejamos o caso de um instrumento. Todo instrumento especial, qualquer que ele seja, retifica uma "utensilidade" muito vaga, muito próxima de uma necessidade primitiva...

> "Certamente podemos nos servir de qualquer corpo sólido para construir uma alavanca (satisfazer bastante ao desejo de potência); mas realizaremos melhor esta ação da alavanca, e provamos que a *compreendemos*, se nos utilizarmos de uma barra de ferro. Especializamos então um instrumento. Se ele falhar, procuraremos mais inteligentemente um substituto (...) Em segundo lugar estão as culturas especializadas, mais facilmente abertas às substituições". (2)

Basta acompanhar o progresso essencialmente dialético dos pensamentos e técnicas especializados.

> "O aperfeiçoamento do detalhe obriga a refazer os processos de fabricação (...). A cultura especializada reage mais rapidamente ao fracasso e sofre uma maior solicitação à reticação". (3)

(1) Act. p. 11.
(2) Act. p. 12.
(3) Act. p. 12.

A *especialização* é a garantia da cultura profunda.

> Sem ela, a cultura científica seria uma ferramenta sem ponta, uma tesoura cega (...). Determina um engajamento. Tem sempre uma tarefa, nem sempre, porém, a mesma. Possui aplicabilidade e aplicação. Não é um pensamento vagabundo. Errante. Nem preso a vagas questões (...). Tem uma potência de fixação que não reijeita as objeções, rejeita as distrações." (1)

Por outro lado, um "verdadeiro sábio" não se instala em sua especialidade, muito ao contrário. Ele é o mais forte e o mais bem equipado para descobrir os novos fenômenos.

Não há *especialização* sem *socialização*.

> "A *especialização* é uma vitória da sociedade dos sábios. Não se trata do indivíduo sozinho, arraigado a seus primeiros hábitos, aprisionado ao mesmo instrumento ou ao mesmo método dos primeiros trabalhos. A *especialização científica* é o contrário dessa escravidão primitiva. Ela dinamiza o espírito por inteiro. Trabalha sem cessar na vanguarda do trabalho." (2)

Sua experiência no ensino de física e da química, bem como seu pensamento de epistemólogo, permitiram a Bachelard indicar ou propor, ao longo de sua obra, algumas diretrizes pedagógicas que considero valiosas e oportunas.

Para atribuir-lhe o justo valor torna-se necessário ter em mente que na maioria das vezes a "escola" de que ele fala nada mais é que a própria função formadora da cidade dos cientistas, recebendo dela, por extensão o caráter de confiabilidade, e configurando o espaço onde os próprios cientistas são por ofício eternos aprendizes. Dessa forma, "os sábios freqüentam as escolas uns dos outros".

(1) Act. p. 12-13.
(2) Act. p. 14.

Porque a ciência progride sem cessar; porque a cultura técnica se transmite em aplicações; porque as especializações se multiplicam; porque a integração das epistemologias racionais se faz necessária.

Aquele que não tem o espírito aberto para o aprender renega sua condição de ensinante e, sobretudo, de produtor do que vai ser ensinado.

Alguns aspectos no seu discurso educativo se destacam.

A ação educativa é *dialetizante*.

Existe, como marca de uma pedagogia saudável e eficaz, a interação recíproca ensinante-ensinado, e a polaridade dos termos deve-se exercer alternadamente ou oscilantemente na dupla professor-aluno.

Descreve dois comportamentos usuais do professor:

Existe o professor que oprime ou sobrecarrega o estudante com sua vigilância; que quer se imiscuir na intimidade do seu espírito; que insiste não só em que o aluno aprenda, mas que o faça à maneira dele, professor. Levando o tipo à caricatura, seria o professor do caderno de notas detalhado e cópia fiel do seu próprio com o mesmo ritmo e a mesma bitola.

Ou o professor mais preocupado em vigiar os conhecimentos que transmite em vigiar a "digestão" que deles faz o aluno.

Sugere porém, um outro melhor:

> "Tudo mudaria se se colocasse o problema da vigilância na *dialética do racionalismo ensinante e do racionalismo ensinado*. Então a crítica iria nos dois sentidos, não só do mestre para o aluno mas também do aluno para o mestre." (1)

E nesse momento Bachelard aponta um movimento dialético no interior do processo educativo. E a crítica, como clima necessário, se instaura inicialmente como vigilância.

E que viria a ser essa *vigilância?*

Em sua forma mais simples, seria a espera "de um fato definido, a localização de um acontecimento caracterizado". Nesse nível, seria uma atitude empirista do espírito. A espera sem surpresa.

(1) RA. p. 76.

Em segunda instância, é a *vigilância* da *vigilância,* função que Bachelard representa sob forma exponencial, recorrendo a uma expressão matemática: (vigilância). (1)

> "Esta só pode aparecer no 'discurso do método' quando a conduta ou o pensamento encontraram os métodos e avaliaram os métodos (...). A vigilância assim vigiada passa a ser ao mesmo tempo consciência de uma forma e consciência de uma informação (...). Uma educação científica lucraria em explicitar essa *vigilância* que é a nítida consciência da aplicação rigorosa de um método." (1)

"A psicanálise do conhecimento objetivo e do conhecimento racional trabalha nesse nível, aclarando as relações entre a teoria e a experiência, da forma e da matéria, o rigoroso e o aproximativo, o certo e o provável — todas elas relações dialéticas, a exigirem 'censuras especiais' para que não se passe sem precaução de um termo ao outro. (2)

Em terceira instância:

> "— a vigilância da vigilância da vigilância — (vigilância) (3) (...), que vigiaria não só a aplicação do método, mas o próprio método (...). Expô-lo-ia a situações de prova ou arriscaria em experiências as certezas racionais. Ou por ocasião da ocorrência de crises de interpretação de fenômenos devidamente constituídos." (3)

Essa *vigilância* de terceira ordem é livre para questionar a própria historicidade, não podendo ter em face do passado e da consagração nenhuma timidez.

(1) RA. p. 79.
(2) RA. p. 79.
(3) RA. p. 80.

Em termos de metodologia, Bachelard preconiza a utilização de *problemas* e o método da *descoberta:*

> "em suma o empirismo começa por registrar fatos evidentes; a ciência denuncia essa evidência para descobrir 'leis ocultas'. Só há ciência do que está oculto. Nestas condições, poder-se-á dar como axioma da epistemologia: 'descobrir' é a única maneira de 'conhecer'. Correlativamente, fazer descobrir é único método de ensinar." (1)
>
> Os próprios professores substituem as *descobertas* por lições. Contra esta indolência intelectual que nos priva um pouco de nosso senso das novidades espirituais, o ensino das *descobertas* ao longo da história científica é de grande valia. Para ensinar os alunos a inventar, é bom dar-lhes o sentimento do que eles teriam sido capazes de descobrir." (2)

Essa indicação, relacionada a outras perspectivas do seu pensamento, permite-nos apresentar como proposta não explícita de Bachelard, que o método histórico descontínuo (ou epistemológico), associado ao método ativo da redescoberta (para o aluno descoberta), constitui uma feliz conjugação para servir de norte à aprendizagem da ciência.

Também na aprendizagem Bachelard valoriza o *erro.*

Mas de que *erro* ele fala?

Por certo não daqueles, que considera imperdoáveis, cometidos por desatenção. Ou daqueles corriqueiros, meras distrações de uma cabeça fatigada; tampouco das afirmações gratuitas, oriundas da falta de esforço de pensar.

Trata-se do *erro* que designa por *comum* e *normal.* Do tipo ocasionado por efeito da presença dos *obstáculos epistemológicos,* e cuja localização e erradicação exigiriam uma ação mais profunda. Erros cuja descoberta e caracterizaçãc constituiriam uma tarefa a mais dos cientistas da cidade.

(1) RA. p. 38.
(2) FES. p. 247.

> É preciso determinar abstrações cada vez mais finas, eliminando erros cada vez mais capciosos. Para essa pedagogia fina, seriam necessárias sociedades científicas complexas, sociedades científicas que redobrariam esforço lógico com um esforço psicológico. (1)

Chegamos então ao momento da erradicação dos obstáculos. Sua diagnose na mente do aluno, como substrato contaminante das aprendizagens novas, é uma tarefa difícil mas indispensável.

Mas, a noção de *obstáculo epistemológico* é igualmente desconhecida.

> "Surpreendeu-me várias vezes o fato de que os professores de ciências, mais que os outros, se isto é possível, *não compreendem que não se compreenda.* Poucos são os que penetraram na psicologia do erro, da ignorância e da irreflexão." (2)

Ademais, continua Bachelard citando Gerard Varet —

> "os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma lição, que se pode sempre refazer uma cultura relaxada repetindo uma aula, que se pode fazer comprender uma demonstração simplesmente replicando-a ponto por ponto." (3)

O professor, conclui ele,

> "não refletiu no fato de que o adolescente chega à aula com conhecimentos empíricos já constituídos (...) Que a cultura científica deve começar por uma catarse intelectual e efetiva. Sem considerar que a remoção dos obstáculos ainda não é tudo, sendo a tarefa mais

(1) FES. p. 18.
(2) FES. p. 18.
(3) FES. p. 18.

difícil pôr a cultura científica em estado de mobilização permanente: — substituir um saber fechado, estático, por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, dar enfim, à razão, razões para evoluir." (1)

Mas o primeiro passo será, sem dúvida, a remoção dos obstáculos. Um mergulho lúcido e profícuo no erro.

Nas palavras de Bachelard, quem ensina, comanda. E isso acarreta uma série de atos instintivos, que pesam. Ele jamais viu um educador mudar seu método pedagógico, e, citando Monakow e Mourgue, confirma:

> "há indivíduos para quem todo conselho relativo aos erros de educação que cometem é absolutamente inútil, porque os ditos erros nada mais são que a expressão de um comportamento instintivo (...) E a relação professor-aluno, continua, é uma relação facilmente patogênica." (2)

No rol dos *obstáculos epistemológicos*, há alguns mais presentes na escola, embora também atuantes em outros ambientes da "cidade". Partirei do primeiro obstáculo, denominado a *experiência primeira*. Trata-se daquela experiência feita antes de qualquer possibilidade de crítica, ou até mesmo posta acima da crítica. E, não sendo criticada, não pode ter uma base segura. Há uma valorização dos sentidos,

> "uma espécie de romantismo que pretende receber diretamente suas lições por meio do dado claro, nítido, seguro, constante, sempre oferecido a um espírito sempre aberto." (3)

(1) FES. p. 18.
(2) MONAKOW V.M.A. et MOURGUE ... apud FES p. 19.
(3) FES. p. 23.

O caminho pretensamente instrutivo do fato colorido e diverso: trata-se agora de um estilo fútil e frívolo, que expõe os fatos científicos como divertimento, como se costumava fazer nos serões das cortes, no século XVIII, a propósito da astronomia. A ciência, apresentada pitorescamente, falseia o fenômeno. Esse empirismo colorido não exige que se compreenda, basta apenas ver. Este pensamento pré-científico, às vezes ainda presente, "não procura a *variação* mas a *variedade*". E é como espetáculo de variedade que os demonstradores procuram efeitos dramáticos. Nada ficou, além do espanto, na memória e inteligência dos que já viram um professor criar em classe uma explosão (didática!).

> "A busca da variedade é nociva porque faz passar o espírito de um objeto a outro, sem método; visa apenas a extensão dos conceitos; enquanto a pesquisa da variação prende-se a um fenômeno particular e tenta objetivar todas as variáveis, provar sua sensibilidade." (1)

Para despertar interesse é fácil recorrer às vezes ao encantamento. Fazem-se então experiências que divertem, mas não instruem.

> "O pitoresco da imagem conduz à adesão a uma hipótese não verificada (...). Isso é muito comum em certos projetos adolescentes, como previsões científicas próximas, e oferecidas a um público literário que deseja ver aí uma vulgarização positiva." (2)

Outro tipo de deformação é o exagero de imagens, analogias e metáforas. Podem ser o centro de um falso interesse. Seria bom que o professor tratasse logo de extrair o abstrato do concreto. Lembrar que a experiência é feita para ilustrar um teorema. "Melhor uma ignorância completa que um conhecimento privado de seu princípio fundamental." (3)

(1) FES. p. 31.
(2) FES. p. 36.
(3) FES. p. 40.

É preciso desconfiar de certas "racionalizações" sobre um fato que é sobrecarregado de tamanho valor declarativo primordial, que não é discutido nem interpretado. Sobretudo porque rejeitamos "quem venha discutir nossos conhecimentos elementares, ou nossos tesouros puerís, adquiridos mediante nossos esforços escolares". (1) É por isso que citando Castel, Bachelard faz sua afirmação:

> O método dos fatos, pleno de autoridade e de domínio, arroga-se um ar de divindade que tiraniza nossa crença e se impõe à nossa razão. Um homem que raciocina, que demonstra, me toma por um homem: eu raciocino com ele; ele me deixa a liberdade do julgamento; e só me força pela minha própria razão. Aquele que grita — *eis um fato!* — me toma por um escravo." (2)

Finalmente uma advertência a certo romantismo ainda muito presente: "dá-se sempre grande importância ao que é *natural* (...). O espírito "pré-científico pretende sempre que o produto natural seja mais rico que o produto feito (artificial)." (3)

O *obstáculo verbal* consiste no emprego abusivo de imagens familiares. Em 1782, Marat explica a máquina elétrica por comparação com uma bomba hidráulica. Hoje, usa-se a analogia da bomba para clarear as idéias abstratas da diferença de potencial, corrente e intensidade elétricas. Outrora, a imagem vinha da teoria, agora vem depois.

A imagem da esponja oferecia no passado, um bom exemplo de como uma só *palavra constitui toda uma explicação."* (4)

Constrói-se uma teoria mental *(denkmittel* do empirismo ingênuo, neste caso) que explica de uma só vez: o ar, a compressibilidade, a rarefação, a miscibilidade com a água etc.

Só que o vigor da metáfora confunde a compreensão, "Semelhante à esponja no passado, seria bastante proveitoso estudar hoje

(1) FES. p. 41.
(2) FES. p. 41.
(3) FES. p. 31.
(4) FES. p. 31.

a noção de poro"(1). Em que nível ainda está presente a idéia de que "a porosidade é uma propriedade geral dos corpos"? (2)

Não se quer dizer com isto que a ciência não use imagens, mas se usar, deve fazê-lo cercada de garantias de coerência com a teoria, e sempre apresentando-as nos limites corretos de interpretação.

Outro *obstáculo* a ser considerado é o do *conhecimento quantitativo.* Os riscos, no reino da quantidade, são também os dos extremos: um matematismo vago ou um matematismo muito rigoroso.

O excesso de *precisão* no âmbito da *quantidade* corresponde a um excesso de *pitoresco* no terreno da *qualidade.*

> "Medir exatamente um objeto fugaz ou indeterminado, medir exatamente um objeto fixo e bem determinado com um instrumento grosseiro, eis dois tipos de ocupação inútil que a disciplina científica rejeita de saída. É preciso refletir para medir, e não medir para refletir.(3) Preparar-se para medir um objeto primitivamente mal definido é discutir as condições de seu estudo, determinar a sensibilidade e a singularidade de seus instrumentos. Cuidar mais do método de mensuração do que propriamente do objeto de sua medida. Porque o objeto medido não passa de um grau particular da aproximação do método de medida." (4)

A correspondência entre a precisão do resultado e a precisão da medida é necessária.

> "Quantas vezes um estudante crê que o método da resolução está no número de decimais da resposta. Se a precisão do resultado ultrapassar a dos dados experimentais, ele terá feito exatamente a determinação do vazio." (5)

(1) FES. p. 79.
(2) FES. p. 79.
(3) FES. p. 213.
(4) FES. p. 213.
(5) FES. p. 214.

Finalmente, dentre todos os obstáculos, o *substancialista* é o mais complexo e mais difícil de ser destrinchado. É descrito como tentacular. Um monstro de várias extensões. Basicamente, consistiria em permanecer no erro de que cada propriedade está univocamente ligada a uma determinada substância. E, dependendo dessas diversas qualidades, teríamos um *substancialismo do oculto,* um *substancialismo do íntimo* e um *substancialismo da qualidade evidente.*

O primeiro caso ocorre com bastante freqüência. Seria a designação de uma qualidade oculta por meio de detalhes empíricos ligados a uma substância ou substantivo: "parece que bastaria uma palavra grega para que a virtude hipnógena (qualidade oculta) do ópio de fazer adormecer (detalhe empírico) cessasse de ser um pleonasmo". (1)

O *substancialismo íntimo,* ou o mito do interior, é fértil em intuições. Como se sente no pressuposto "de que todo envelope parece menos precioso, menos substancial que a matéria envelopada". (2) É a intuição da capacidade. "É preciso que qualquer coisa 'encerre' e que a qualidade profunda seja encerrada". (3) A partir disso, verifica-se a presença da outra intuição, a de "que toda substância tem um interior; melhor, que a substância é um interior". (4) E mais adiante, que é "preciso achar sempre uma chave para abrir a substância (...). Para alguns autores essa chave é uma outra substância que abrirá a primeira". (5) (Usa-se ainda em química a expressão abrir um minério ou mineral com ácido forte).

Prosseguindo no *mito do interior*

> "o realista acumula então na substância, como um homem previdente em seu celeiro, as virtudes e as forças, sem se dar conta de que toda força é relação." (6)

(1) FES. p. 97.
(2) FES. p. 98.
(3) FES. p. 98.
(4) FES. p. 99.
(5) FES. p. 99.
(6) FES. p. 102.

Por fim, em terceiro lugar, a *substancialização de uma qualidade evidente.* Por meio desse equívoco, o fenômeno imediato é tomado como signo de uma propriedade substancial.

> "Vinculam-se simplesmente os elementos descritivos de um fenômeno a uma determinada substância, sem nenhum esforço de hierarquia, sem determinação precisa e detalhada com outros objetos." (1)

Se uma poeira se cola a uma parede eletrizada, a eletricidade é então uma cola.

Da prática da "comunhão social do racionalismo ensinado e ensinante" surge a escola tão idealizada por Bachelard, que a considera invulnerável às utopias filosóficas e infensa ao idealismo. Nela quem fala é a ciência, não o homem: "porque o homem hesita, e a escola (em ciências) não". (2) A escola opera numa totalidade maior: a escola em ciências *engaja.* Compromete e se compromete.

Nessa escola, por vezes confundida em seus limites com a própria cidade científica, o livro ocupa um lugar muito importante. Ele constitui uma nova categoria — o bibliômeno ao qual se dará atenção, assim como os filósofos dão ao númeno e ao fenômeno. Na verdade para o autor, a ciência não se fará sem essa espécie de ser. O livro (nome genérico de publicação) é fonte de informação, lugar de registro da vida da cidade científica, transmissor da verdade depurada até aquele instante, depositário dos erros a serem retificados, testemunho histórico do que a ciência constrói.

Rejeita o livro de divulgação como elemento não-científico. E considera útil a censura sobre a coerência e a organização desses livros desejadas pelas forças culturais legítimas.

O livro seria, então, o lugar de expressão do pensamento científico, pois esse pensamento é ele próprio

(1) FES. p. 102.
(2) Act. p. 8.

"um livro ativo, ao mesmo tempo audacioso e prudente, um livro de ensaio, um livro do qual já se deseja lançar uma nova edição melhorada, refundida e reorganizada." (1)

O livro tem para ele tal importância, que o número de livros existente sobre determinado assunto serve para confirmar a "existência" e a importância do mesmo: "existir para o livro já é uma forma de existência tão humana, tão solidamente humana...". (2)

Finalmente, sua última idéia, mas não a menor: a socialização do ensino. Eis que Bachelard preconiza, como uma das necessidades decorrentes da própria ciência, um ensino socializado e socializante. A aprendizagem se fundaria muito mais nas atividades de grupo de alunos que na própria ação do professor. Uma aprendizagem mais fundada sobre atividades dos grupos de alunos consensualmente constituídos, do que na ação mesma do professor, considerando que o meio dos jovens é mais formador que o dos *"velhos"* e os companheiros mais importantes que o "mestre". (3)

Num ambiente assim constituído, entre seus pares, nivelados em saber, linguagem e interesse, os jovens desenvolveriam sua personalidade num espaço mais amplo. Bachelard se refere ao poder constritor do saber pressuposto dos mais velhos (pais e mestres), que atua como inibidor do crescimento científico e global dos moços.

Acrescenta ainda que se deve privilegiar o instinto de objetividade social, garantia de uma vivência grupal, até mesmo sobre o instinto de originalidade, que se tem valorizado tanto, e que talvez seja indutor de um comportamento individualista. A ciência que Bachelard apresenta é ascética, desprovida de interesse sensível, trilha de despojamento e aridez. As alegrias são da ordem da estética do espírito e da liberação dos erros passados.

(1) Act. p. 8.
(2) Act. p. 9.
(3) FES. p. 244.

2

Propostas de Atuação

A partir do corpo teórico já utilizado na apreciação dos dados da realidade, torna-se possível também concretizar propostas de atuação visando um melhor equilíbrio da relação ensino-pesquisa.

Acredito porém que, no tocante a algumas dessas propostas, a atuação se resumirá à problematização, ou seja, à busca e ao aprofundamento das questões prioritárias; outras, porém, poderão chegar a linha de ação, a partir de atividades já iniciadas passíveis de reformulação ou incrementação.

Como recomendações para essas futuras pesquisas, e possíveis ações, destaco:

2.1. *Embasamento epistemológico do ensino e da pesquisa*

2.1.1 Valorização do erro e realce da interferência dos obstáculos epistemológicos.

2.1.2 Revisão crítica e reformulação de perspectivas metodológicas.

2.1.3 Dialetização da prática do ensino e da pesquisa.

2.1.4 Ativação da polêmica como momento construtor.

2.2. *A socialização efetiva e ampla da química, com a análise de suas conseqüências*

2.3. *A localização, caracterização e avaliação da cidade dos cientistas químicos*

Como se verá a seguir, não avancei igualmente no que diz respeito à exploração e ao aprofundamento de todos os problemas. Alguns deles exigiriam um trabalho minucioso e prolongado, que escapa aos limites deste trabalho; nesses casos apenas indicarei temas para uma investigação ulterior; é o que ocorre com os ítens do tópico 2.1., referente à fundamentação epistemológica do ensino e da pesquisa.

Quanto aos outros tópicos 2.2 e 2.3 não pude chegar ao traçado de planos de pesquisa, quis apenas apontar, sem qualquer pretensão de apresentar uma proposta acabada, alguns focos de contradição e as questões mais agudas a serem objeto de futuros debates e reflexões.

2.1 *Embasamento epistemológico do ensino e da pesquisa*

2.1.1 Valorização do erro e realce da interferência dos obstáculos epistemológicos

Antes de chegar à utilização do erro que Bachelard designa por *comum* e *normal* erro que constitui a trama em que viceja a verdade, e, mero efeito da presença dos obstáculos epistemológicos; necessário é erradicar os outros erros mais corriqueiros, mais primários, isto é, os que são provenientes:

— de afirmações gratuitas

— da incompreensão

— do lastro de conhecimentos empíricos falsos já constituídos.

Numa primeira análise, verifico que eles se manifestam sob formas variadas, das quais citarei apenas algumas:

— *lacunas ou regressões*
pela ignorância do processo de desenvolvimento da química a propósito de qualquer de suas categorias: fato, conceito, lei, método, teoria etc.

— *distorções da realidade científica*
existentes nos manuais e na literatura química em geral ou mesmo na tradição oral da ciência divulgada e decorrentes da ignorância ou de vícios de pensamentos dos emissores. Trata-se de um erro pelo qual se qualifica como certo, acabado e incontestável algo ainda controvertido.

— *falhas psicogenéticas* (metodológicas com relação ao ensino-aprendizagem)
lacunas de esquema de assimilação, falhas do encadeamento lógico, troca ou deformação de operações mentais, deficiência de informação etc.

No que toca ao ensino, alguma coisa vem sendo feita, mas fragmentada em estratégias que não se subordinam a nenhuma intenção mais abrangente. São freqüentes as pesquisas dedicadas à avaliação da aprendizagem e a sua correspondência ou não aos objetivos predeterminados: assim também é comum a análise dos erros cometidos em questões de estudo dirigido, instrução programada, provas, testes, exercícios etc.

Nos trabalhos de Frazer (52-53), por exemplo, nota-se a preocupação de detectar se a falha resulta de falta de informação ou de um raciocínio falso. Mas não se especula na maioria das vezes sobre a origem desse raciocínio falso.

Outras análises buscam vincular os erros à falta de conhecimento, sem se analisar contudo porque a falta de conhecimento costuma ser especialmente freqüente em determinados assuntos. Certa prova de vestibular acusa grande incidência de erro na seguinte questão: "pela ação do bicarbonato de sódio, o ácido clorídrico é transformado em tetracloreto de carbono". A resposta certa seria afirmar a falsidade da afirmação. Os autores das provas se surpre-

endem com o grande número de respostas erradas, e concluem: "os candidatos desse grupo ignoram uma reação simples da ação de um ácido sobre um sal". Pergunta-se, porém, por que? Quanto de nós se deram ao trabalho de averiguar como são percebidas pelos alunos as estruturas subjacentes às fórmulas, dos ácidos e dos sais? Se o aluno não percebe que o HCl na água é fragmentado em espécies H^+ e Cl^-, que o bicarbonato se dissocia em HCO_3^-, CO_3^- Na^+ e H^+ e que o CCl_4 não se dissocia; não compreenderá as partes que se deslocam e se recombinam, ou as que se mantêm separadas. Para eles, a leitura das fórmulas nada revela a respeito dos grupos atuais ou em potencial, que viabilizam suas possíveis recombinações.

Há alguns estudos dedicados à identificação e revelação dos erros presentes nos manuais de química. Numa das sessões mais importantes do *Journal of Chemical Education*, "Textbook errors", iniciada em 1955 por Mysels são listados vários erros encontrados em livros didáticos, na maioria das vezes em mais de um deles. Pareceu-nos interessante apresentar a relação de alguns desses erros mais freqüentes (ver Quadro 3.1). De muita inportância é a utilização de técnicas exploratórias para detectar os vínculos que unem conceitos fundamentais a outros conceitos associados, no intuito de verificar a possibilidade de sua inserção numa estrutura de conhecimento que os torne definitivamente assimilados, ou seja, apreendidos. Alguns pesquisadores(1) do ensino de química no Brasil adaptaram o método que designaram por "método de anel" de Schaefer. Em comentários sobre os resultados da pesquisa, aludem a "associações incoerentes" apresentadas pelos alunos que foram o alvo desse estudo. Parece-nos que aí reside uma possibilidade não explorada da técnica, possibilidade que consiste exatamente em verificar as associações ilógicas, e muito provavelmente inconscientes que sobrecarregam o conceito de irracionalidade, constituindo possivelmente a ganga do realismo ingênuo de que fala Bachelard.

Cada erro específico, ou associado a outros, exigirá um esforço de localização, identificação, caracterização, determinação de sua

(1) FELICÍSSIMO, A.M. et alii. *Ciência e Cultura* 34, 7, 526, 1982.

extensão e profundidade, um diagnóstico de suas causas, a avaliação e a retificação do seu grau.

Após a erradicação desses erros chegar ao erro comum, de que fala Bachelard, aquele que é efeito de força dos obstáculos, é uma importante tarefa à espera de um trabalho conjunto em equipes em que se entrosem professores e pesquisadores químicos, contando, quando possível, com a valiosa colaboração de especialistas em psicologia do conhecimento e em epistemologia.

Pareceu-me também de real interesse a aplicação, em laboratório, de experiências que são como que o antídoto, ou a verificação da presença de um dos obstáculos epistemológicos mais combatidos por Bachelard: o da intuição ou da experiência primeira. Trata-se de compor situações experimentais em que o aluno certamente chegará a uma conclusão falsa caso se deixe levar apressadamente por uma primeira evidência. Há uma modalidade de laboratório de ensino que utiliza experiências enganosas: constitui-se de pequenos problemas experimentais, que, mediante a menos empírica especulação posterior, permitirão identificar a falsidade de cada situação. Cito um experimento que pode ser esclarecedor:

> Num béquer, são colocadas em mistura as substâncias: água e pentano; após agitação, elas se separam, formando dupla fase líquida. Pela observação, os compostos são imiscíveis. Sugere-se ao aluno verificar a miscibilidade, recolhendo a primeira fase (uns 10 mil), deixando fora a porção do encontro das fases, e coletando outra alíquota da segunda fase. A análise da camada aquosa não indica a presença do pentano; a análise da fase orgânica, ao se pôr CuSo4, vai indicar a presença de água. Pede-se ao aluno que interfira experimentalmente e interprete o fenômeno.(1)

(1) DERKSE, W. J. Chem. Ed. 58, 7, p. 566, 1981.

QUADRO 2.1.1.1

Erros em Livros Didáticos

TÓPICO	ASSUNTO	TIPO DE ERRO
Estrutura atômica e molecular	orbitais "d"	— equivalência, degenerescência, níveis de energia (1)
	níveis de energia das órbitas atômicas	
Estudo de sistemas químicos	momento magnético de sistemas atômicos e moleculares	— imprecisão nas dimensões e unidades (2)
	elementos metálicos	— afirmações incorretas sobre os critérios de caracterização (3)
Equilíbrio	diagramas de fase binários	— falta de clareza, indistinção entre eutético e composto (4)
	conceito de ácidos e bases	— erros na caracterização da força do par ácido-base conjugados (5)
Eletroquímica	condutividade equivalente	— imprecisão quanto às concentrações (6)

Fontes:

(1) COHEN, J. *J. Chem.* Ed. 38, 138 (1961).
(2) EBERHARDT, W. H. *J. Chem.* Ed. 48, 829 (1971).
(3) MYERS, R. T. *J. Chem.* Ed. 56, 712 (1979)
(4) ALAN, B. *J. Chem.* Ed. 46, 594 (1969).
(5) MASTERTONV, W. e SLOWINSKI, 1978, p. 460.
(6) MYSELS, K. *J. Chem.* Ed. 44, 44. (1967).

Continuação do Quadro 2.1.1.1

TÓPICO	ASSUNTO	TIPO DE ERRO
	condutividade dos complexos	— discriminação insuficiente na definição dos diversos tipos de condutividade (1)
	definição de força eletromotriz (potencial padrão)	— imprecisão das definições apresentadas nos textos mais elementares (2)
	potencial de eletrodos	— erros de valor por falta de indicação do eletrodo de medida (3)
	potencial do ponto de equivalência	— adição simples de potenciais padrão em reações que envolvem H+ (4)
Cinética química	complexo ativado	— imprecisão da definição do estado padrão do complexo ativado (5)
Ligações químicas	energia de rede cristalina e constante de Mandelung	— falta de clareza e indefinição na tabulação de valores e cargas (6)

Fontes:

(1) MYSELS, K. *J. Chem.* Ed. 36, 303 (1959).
(2) ROBINS, O. *J. Chem.* Ed. 48, 737 (1971).
(3) VENABLE, R. L. & RAOCH, D. *J. Chem.* Ed. 46, 741 (1969).
(4) HEYN, A. *J. Chem.* Ed. 47, 240 (1970).
(5) ROBINSON, P. J. *J. Chem.* Ed. 55, 509 (1978) & GOLDEN, D. J. Chem. Ed. 48, 255 (1971).
(6) QUANE, D. *J. Chem.* Ed. 47, 396 (1970).

Continuação do Quadro 2.1.1.1

TÓPICO	ASSUNTO	TIPO DE ERRO
	ligações de hidrogênio	— negligência quanto às restrições geométricas e efeitos especiais (1)
Equilíbrio químico	constante de equilíbrio	— controvérsia sobre dimensionalidade e adimensionalidade (2)
	constante de ionização de água	— freqüente ignorância da atividade da água em soluções concentradas (3)
	equilíbrio de formação de complexos	— indevido menospreso das espécies intermediárias (4)

Fontes:

(1) DONOHUE, J. *J. Chem.* Ed. 40, 598 (1963).
(2) ROBINSON, P. J. *J. Chem.* Ed. 55. 509 (1978).
(3) DIRKSE, T. D. *J. Chem.* Ed. 38. 260 (1961).
(4) BANKS, J. E. *J. Chem.* Ed. 38, 391 (1961).

2.1.2 *Revisão crítica e reformulação de perspectivas metodológicas*

No campo do ensino, o método da descoberta vai incidir sobre assuntos já conhecidos, convertendo-se então mais propriamente numa "*redescoberta*". Obviamente é no campo da pesquisa que a *descoberta* se realiza em sentido pleno.

Muita coisa se tem dito e escrito sobre esse método.

Dentre todas as modalidades de aprendizagem, a redescoberta me parece ser a mais significativa do ponto de vista epistemológico. Contudo, sua implantação sistemática no ensino esbarra com muitas e sérias dificuldades:

— a superação dos preconceitos sobre o seu uso;
— a escolha do momento do processo de aprendizagem em que teria maior eficácia;
— a seleção dos assuntos a que mais se adequaria;
— a construção de estratégias e a obtenção dos materiais e recursos instrucionais necessários;
— a criação de sistemas de acompanhamento, interpretação e avaliação de resultados adequados, coerentes e eficazes.

Sem entrar no mérito da questão, há uma corrente de estudiosos que pretende desenvolver a criatividade na direção do "divergente", ou seja, rumo a propostas e soluções novas, de conteúdo desconhecido. Na atualidade, isso é muito comum nas áreas aplicadas, como a engenharia de produção, onde um novo arranjo e combinação dos elementos permite, num grupo interdisciplinar, o desenvolvimento de estratégias inéditas, de soluções originais que dão origem a novos formatos, ou de novas propriedades para velhos produtos. Está aí, bem ao alcance da mão, a literatura que floresceu a partir de Osborn e outros, que pretendem sistematizar o processo de criação.

A maioria dos autores, porém, insiste em afirmar "o caráter indevassável e não metódico do gesto ou momento descobridor". No entanto o clima de investigação, como processo que conduz a

descoberta por vias bem variadas, pode ser deflagrado, suscitado, por uma série de situações bem escolhidas por parte do professor. Isso não impede que a característica mais específica do método da descoberta continue sendo sem dúvida o "elemento de autonomia que permite ao aprendiz colher, processar e usar os dados segundo seu próprio estilo cognitivo". (1)

A sugestão de que o método de ensino adequado à ciência química é o da descoberta foi expressa por Bachelard em texto que não tratava propriamente do ensino, mas de epistemologia. Piaget, inspirador da didática de Hans Aebli e de Bruner reconhece que Bachelard fez a soldagem entre a história e a preocupação genética nas transformações do conhecimento. (2) Se de um lado Piaget e seus sucessores centraram suas pesquisas em operações mentais que se efetuam no processo de aprendizagem, pouco se investigou o percurso epistemológico traçado na produção de cada noção, pelo menos as mais básicas, o que permitiria aclarar a cadeia de raciocínios atuante em cada passo do seu desenvolvimento. Alguns tópicos, é certo, já foram estudados, contudo a maior parte do mapeamento e da análise está por fazer.

O ato de investigar para descobrir envolve, nos termos de Piaget, assimilação e acomodação. A assimilação consistiria na "incorporação de dados aos sistemas conceituais existentes no sujeito"; enquanto a acomodação "consiste em reformular ou reorganizar as estruturas do conceito, de modo a levar em conta acontecimentos discrepantes, até incorporá-los". Dessa forma, o aluno acabaria descobrindo algo que, para ele, é novo. Isto pode ser feito num contexto diretivo (como é o método heurístico) ou num contexto não diretivo, (como o piagetiano).

A redescoberta dos conteúdos principais da química requer, porém, uma pesquisa específica no seu próprio interior. A maioria dos autores que tratam do método da descoberta, mantiveram-se no nível do ensino primário e secundário, dedicando-se a disciplinas como matemática, física econômica e fisiologia. Não se pode deixar de prestar uma honrosa homenagem aos seus esforços e contribuição, lendo ao menos seus artigos. Que não se furtem os professores de química a conhecer Bruner, (30) Suchman, (138) Karplus e Davis. Assim como seu maior crítico: Ausubel.

(1) NELSON, L. *O ensino*, p. 199.
(2) PIAGET, J. *Introduc. à Epistémologie Génétique*, p. 330.

No ensino da química merece destaque, na década de 60, o trabalho de equipe do 'Chemical Bond Approach', (37) encabeçado por pesquisadores como Strong e que, embora mais voltado para o método psicogenético, baseado em problemas, não deixa de algum modo de operar com a redescoberta.

Uma aplicação do método da redescoberta, que ajudaria a resolver uma velha questão relativa à chamada *química descritiva*, consiste em transformá-la numa oportunidade de trabalho que, partindo do mundo real (universo sincrético cognitivo) engajaria os alunos em tarefas, estudos e operações reflexivas de grande valor. Essa opção, já tentada por muitos, sempre se particulariza segundo as circunstâncias do local, do professor, dos alunos e do momento.

Uma outra sugestão, rica de motivação para a química descritiva, bastante criticável na forma como é atualmente ministrada nos cursos de engenharia após o novo Currículo Mínimo, seria o estabelecimento de atividades experimentais com interpretação teórica, com base na lista dos compostos químicos mais representativos do ponto de vista da utilização mundial e que, ademais, estivessem também dentre aqueles de maior volume de produção e importação nacional.

A transmissão do conteúdo da descoberta a ser feita pelo autor à comunidade de cientistas para que estes, em conjunto, como trabalhadores da prova, revalidem a verdade da proposta, se dá, segundo Bachelard, na forma de um problema, que nada mais é, em suma, que uma questão bem estruturada. Na coerência epistemológica que esse autor recomenda entre o ensino e a pesquisa química, cabe lugar de destaque, como instrumento e momento de ensino-aprendizagem, o trabalho conjunto aluno-professor sobre uma situação-problema.

Grupos e pessoas isoladas já vêm privilegiando o ensino através de problemas. São conhecidos os trabalhos de Frazer (52-53) na Inglaterra e de outros nos Estados Unidos sobre a resolução de problemas, numéricos ou não, com a subseqüente análise dos erros

e dificuldades concernentes às informações necessárias e aos raciocínios adequados à sua correta solução. Em outros casos, utilizam-se problemas experimentais qualitativos, semi-quantitativos e quantitativos, teóricos ou teóricos-experimentais, em seqüências grupadas em unidades ou mesmo abrangentes de todo um conteúdo; ou seja, são também conhecidos e utilizados problemas de vários tipos, níveis e extensão.

Marcou época, sem dúvida, no ensino da química secundário, o lançamento do 'Chemical Bond Approach' (37) todo ele fundamentado em problemas, traduzido em português sob o título *Sistemas Químicos*. O ivro visa desenvolver a vinculação teoria-experimento, o senso crítico dos alunos e sua capacidade de reflexão. O que se verifciou no período subseqüente ao seu lançamento foi a preterição do método pelos professores secundaristas americanos, aferrados ao sistema menos crítico a menos estimulador da reflexão, e conseqüentemente de mais fácil manejo, que é o Chems Study. (1) No Brasil, até certo ponto sob a influência dessas tentativas, mas também num grande esforço de criação própria, surgiu o que me parece ser o melhor livro já escrito para fins didáticos, da autoria das professoras Naides Cerqueira Silva Alves de Lima e Ivone Espiridião. (89) Essa obra, intitulada *Química, dos Experimentos às Teorias*, por ser de utilização mais exigente e trabalhosa, embora de resultados consideravelmente mais frutíferos para o aluno, permaneceu por algum tempo nos depósitos da editora para depois, escandalosamente, se processar a incineração de seus exemplares, visto não compensarem o custo de ocupação das prateleiras. Privou-se assim o país do melhor livro de química já surgido para o nível secundário.

Contudo, apesar do esforço que se tem feito no intuito de elaborar, seqüenciar e utilizar problemas, ainda não se chegou ao nível desejado de requinte do método, uma vez que ainda não foram plena ou adequadamente utilizadas as contribuições que lhe são propostas pelas pesquisas piagetianas. Estudiosos ou especialistas das teorias de Jean Piaget sabem que suas descobertas podem ser usadas em dois contextos: no diagnóstico e acompanhamento do desenvol-

(1) Chemical Education Material Study

vimento-mental do aluno no que concerne às operações mentais que domina; e na aplicação das inter-relações psicogenéticas e epistemológicas, ou seja, o emprego do conhecimento relativo às operações mentais para correlacioná-las com a seqüência de etapas epistemológicas do construto de um tópico de uma determinada ciência. Só com o domínio dessa segunda vertente dos estudos piagetianos é que se pode efetivamente, nas condições atuais, construir e elaborar cientificamente os problemas para o ensino.

Piaget já reconhecera que Bachelard foi o primeiro a fazer a "soldagem entre psicogenética e epistemologia". Portanto, quem optou pelas diretrizes pedagógicas de Bachelard não pode esquecer ou subestimar as contribuições dos pesquisadores de Genebra para a elaboração desse precioso instrumento de pesquisa e ensino que é o *problema,* introduzido e descrito por Bachelard, e cuja construção rigorosa os princípios piagetianos vieram a permitir.

Uma vez que não posso retraçar aqui um percurso tão longo quanto especializado, aponto porém cuidados a serem tomados, retirados e condensados da leitura de Piaget, ou de alguns comentadores de sua obra.

Toda aquisição de um conhecimento novo dá-se em mediante uma construção da mente.

Só através de experiências, isto é, de pesquisas pessoais, o aluno forma novas noções.

Essa pesquisa será suscitada por um problema que ele se proponha a resolver e cuja motivação seja a satisfação de uma necessidade vital ou lúdica. O problema consiste num esboço esquemático das operações a serem realizadas. Assim sendo, não basta instigar o aluno a descobrir todos os passos de um raciocínio, o que se impõe é levá-lo a interligar as relações principais que regem o conjunto de operações, enxertando nesse todo as relações parciais.

Não se pode ampliar demais o âmbito de um problema sem o risco de que deixe de ser significativo para o aluno, que, nesse caso, torna-se incapaz de solucioná-lo.

As operações decorrentes de uma interiorização de ações efetivas é que constituem o pensamento. Daí a importância de que de se propiciar ao aluno a oportunidade de realizar as operações,

de início concretamente, e mais tarde formalmente, no decorrer da pesquisa.

Nas ciências naturais, só os processos de ordem causal dão significado aos fatos, e para que esses processos sejam compreendidos é necessária a duplicação do fenômeno objetivo por um esquema de pensamento derivado da ação.

O problema que vai nortear a experiência deve provocar a reativação de conhecimentos já adquiridos, suscitar a busca de novas informações e antecipar o gênero de operações necessário à sua solução, operações que, comparadas a outras utilizadas em ações anteriores, dêem ao aluno garantia de êxito sem lhe tirar o gosto do desafio.

Entre os trabalhos publicados, muitos se aplicam diretamente ao ensino da química. (1) Em São Paulo o prof. Pitombo, estudioso dessa temática, fez uma conferência sobre o método psicogenético piagetiano na VII.ª Reunião da Sociedade Brasileira de Química. Mas sobre a aplicação dessa estratégia ao campo especificado da química quase nada foi escrito ainda no Brasil. (1)

O método histórico, para ser eficaz, tem de ser crítico e epistemológico. Crítico no que diz respeito à escolha dos assuntos. Epistemológico, no sentido de empenhado no julgamento da seqüência de fatos para avaliar quais os que foram favoráveis e quais os que retardaram a construção do produto cognitivo. É importante extrair daí não só a sucessão racional dos momentos na edificação da verdade, mas sobretudo a inter-relação desta com a lógica interna das operações mentais do autor. Esse trajeto e essa cadeia de nexos devem estar presentes no argumento que este apresenta em defesa de sua proposição. Tal conjunto interligado pode ser tecido de modo a ser apresentado ao aluno na forma de um estudo de caso para uma redescoberta. O passo que a ciência deu, como conjunto, é considerado como uma espécie de evolução filogenética, e o que vai se operar agora no interior do aluno, que redescobre a mesma

(1) Vide Bibliografia 1; 22; 62; 63; 65; 68; 69; 100; 160.

verdade, pode ser considerado como uma espécie de movimento ontogenético.

Segundo Schwartz, (1) esse método apresenta várias vantagens:

Os exemplos vivos do passado mostram uma química não dogmática, cheia de controvérsia e em contínuo processo de crescimento. A emergência dos múltiplos conceitos atuais exigem uma avaliação que pode ser alcançada pelo apanhado histórico das bases experimentais, lógicas e matemáticas. Na maioria das vezes, os experimentos são respostas à frente das teorias; mas nem sempre sua inter-relação e interação são imediatamente perceptíveis.

A convivência com a história logo afasta a enganosa idéia da existência de um método científico. Revela uma larga faixa de abordagem intensamente variada e pessoal na busca da verdade.

Ilustra as diversidades humanas dos cientistas, ao mesmo tempo em que desmitifica esses homens que tendemos a transformar em heróis, o que conduz obviamente a uma mistificação da própria ciência e dá lugar ao fanatismo cientificista.

A abordagem histórica professa o valor da imaginação e a presença da criatividade contra a tendência à superexaltação da lógica.

A história argumenta que a ciência, como instituição, escapa aos juízos de valor. É o terreno do "isto é isto" (Bent.) No mesmo sentido, quando argüido sobre a cumplicidade da ciência Bachelard respondeu: "o problema do mal não é um problema de meios..." (2)

Mas não esqueçamos que a ciência é também — "ciência no fazer — e aí a relação é com o fazer e não mais com o ser". "Deve-se fazer como Lavoisier fez, para descobrir o que a combustão é (...). Então, é preciso fazer como Lavoisier fez porque a combustão é o que é!" (3)

(1) SCHWARTZ, *J. Chem.* Ed. 54, 8, 467-468, 1977.
(2) ER. p. 92.
(3) BENT, H. J. Chem. Ed. 54, 8, p. 465.

Contudo, apesar de esclarecedoras, essas proposições deixam ainda sem resposta o problema da responsabilidade da ciência com relação ao social.

O entrelaçamento e a extensão dessas premissas nos dá a trama, o plano de fundo da discussão antiga e atualíssima sobre a neutralidade da ciência. A questão será retomada em outra passagem. Nelas interessa-me afirmar no momento que a história fornece um bom enquadramento para a colocação do problema.

A emergência do cogumelo atômico fez alguém lançar sobre Oppenheimer a sentença. "Eu me tornei morte, o destruidor dos mundos" (Bhagavad Gita). (1)

Não se pode fechar os olhos, contudo, para o fato de que a história também retrata um outro lado da química. Aquele que provocou um tremendo impacto na evolução intelectual por meio da teoria atômica, da termodinâmica, da biologia molecular, da mecânica quântica e muitas outras contribuições. Sem dúvida, o progresso da química como ciência revela alguma coisa da natureza da verdade:

> "algo que é relativamente alcançado para descrever uma parcela da realidade; mas algo que incessantemente se renova, num grau crescente de conhecimento duma parcela cada vez maior da realidade, a caminho do infinito em sua relação de revelação recíproca." (2)

Uma história elaborada sem levar em conta os valores epistemológicos de fidelidade do conceito à própria teoria da ciência, vai exagerar a importância de determinadas descobertas por razões secundárias e analisá-las sob ângulos estranhos à ciência. Assim foi com a descoberta do ozônio. Sua história poderia ser objeto de todo um livro. Por muito tempo, esse elemento ofuscou a mente das pessoas por suas virtualidades de substância cósmica "com seu odor de raio" (relâmpago), ou por sua produção pela eletricidade: o

(1) Apud. SCHWARTZ, T. J. Chem. Ed. 54, 8, 1977, p. 468.
(2) SCHWARTZ, T. J. Chem. Ed. 54, 8, 1977, p. 466.

fluido mágico de tanta importância histórica (...). Retirar daí os passos que impediram, por muito tempo, o conhecimento do ozônio no laboratório, é reconstituir uma dialética que funcionou, apesar da história, e o historiador que dê valor a isso se desvencilhará das tradições preguiçosas. (1)

Logicamente, o pensamento crítico não deixará de mencionar os erros, mas muito mais pelo que eles puderam ocasionar de sucesso, que pelo próprio processo de sua superação.

O método crítico ou epistêmico da química não segue a ordem cronológica geral. Trabalha com os conceitos, indica o crescimento da noção através de suas sucessivas rupturas com o estágio anterior de definição. Mostra o que cada cientista, no próprio momento em que constrói o conceito, acrescenta de novo. Todos os dados possíveis sobre a especificidade do salto cognitivo, as dificuldades, obstáculos e objeções sofridas, são matéria válida para a descrição do momento e da passagem histórica. Pode ter uma seqüência polifilosófica, partindo do realismo ingênuo, do racionalismo clássico, do racionalismo dialético, ou evoluir dentro de uma mesma faixa de racionalidade, num crescente alargamento de realismo científico, ou de dialéticas sucessivamente mais amplas.

Um exemplo bem ilustrativo dessa sistemática histórico-crítica, é o desenvolvimento da noção de *substância* apresentada por Bachelard. Por ser demasiado extensa, será tratada e comentada em outra oportunidade. Bachelard não diagramatizou esta seqüenciação epistêmica. Descreveu-a analiticamente. Citarei dois outros tópicos que podem suscitar, entre muitos outros, especulações e pesquisas do mesmo gênero.

O primeiro deles seria o acompanhamento da *teoria do campo* do *ligante* para a compreensão e análise dos pontos de ruptura e que Jorgensen chama de revoluções do conceito. Como proposta de estudo e redefinição avaliativa, apresento, no Quadro 2.1.2.1, sob forma esquemática, os principais momentos dessa evolução.

(1) MR p. 223.

QUADRO 2.1.2.1

REVOLUÇÕES DO CONCEITO DE CAMPO DO LIGANTE

TEORIA INICIAL	1.ª REVOLUÇÃO	2.ª REVOLUÇÃO	3.ª REVOLUÇÃO
Bethe (1929) propõe: 1) os ligantes são cargas negativas pontuais; 2) os cátions, cargas positivas pontuais; 3) há uma diferença de energia entre os orbitais *d*, como entre os orbitais *f*, devido a perturbações de potencial.	Tanabe-Sugano propõem os níveis de energia de um dado número de elétrons *d* (ou *f*) num campo octaédrico, como função das diferenças de energia (ou 10 Dq) das subcamadas dividida pelo parâmetro de repulsão intereletrônica tal que *B* introduzido por Racach. Schaffer propõe chamar a razão $\triangle/B$ da força do ligante ($\hat{w}$)	É introduzido o modelo de interpenetração angular. Pretende racionalizar as diferenças relativamente pequenas de energia das orbitais nos compostos do grupo 4f e 3d. Foi introduzido o efeito da ligação covalente e superado o modelo das cargas pontuais. O efeito nefelauxético seria uma diminuição de B comparado ao respectivo parâmetro do ion gasoso $B=B/B'$. É introduzido o parâmetro C como constante de acoplamento órbita-spin. Schaffer e Jorgensen	Contrariada a idéia de que um dado estado de oxidação será estável se a energia de ionização IM de uma camada parcialmente ocupada for menor do que Ix do orbital molecular mais solto (frouxo) do ligante. O correto é que a eletroafinidade AM da camada parcialmente cheia é necessariamente menor que Ix. Foi sugerido que a combinação de um átomo central suficientemente oxidante e ligantes suficientemente redutores — (como $CuBr_4^{-2}$ e OsI_6^{-2}) podem ter IM > Ix. Consequência: O orbital molecular anti-ligante tem energia de ionização mais alta que a do orbital molecular ligante da mesma simetria.

Também fascinante e necessário seria o acompanhamento do caso da evolução da eletroquímica. Bockris (24) apresenta sumariamente os principais momentos de sua história. Seu resumo foi adaptado e é apresentado no Quadro 2.1.2.2. Altamente frutífero seria um trabalho em torno dessa seqüência evolutiva que localizasse e salientasse os valores epistemológicos que foram surgindo nos vários momentos.

QUADRO 2.1.2.2.

"Eletroquímica: uma Perspectiva a maior Distância"

Principais eventos na evolução da eletroquímica

1791-1830 — Período inicial de grandes descobertas experimentais	— Acontecimentos mais importantes — associação dos movimentos musculares com a corrente elétrica — profunda conexão entre os processos biológicos e os elétricos — quantidade definida de corrente produz quantidade definida de material depositado (Faraday) — é possível obter energia elétrica diretamente de uma reação química.
1890-1905 — A cinética dos eletrodos tem um início titubeante que logo se desvanece.	Equação de Tafel, que relaciona a intensidade da corrente e o potencial da interface.

1891-1947 — Grande hiato nernstiano	Primeiro artigo de Nernst sobre a termodinâmica das células galvânicas (1891). A cinética eletródica orientada termodinamicamente ainda predomina no congresso de Faraday em 1947.
1920-1940 — A eletroquímica fica denominada pelo nascimento (e queda) substitutivo da "iônica".	A teoria de Debye Huckel é a primeira teoria mecânica-estatística das dissoluções com ajuda da qual se obtêm resultados quantitativos. Contudo está limitada intrinsecamente às soluções diluídas. Ninguém consegue ultrapassar essa barreira.
1940-1950 — Período de calmaria na iônica e na eletródica.	A "iônica" tropeça com dificuldades matemáticas para as soluções concentradas. A eletródica não se descongelou completamente após hiato nernstiano, exceto na Rússia, onde se desenvolve na década.
1924-1941 — Publicações isoladas formam as bases para o despertar ocorrido no início da década de 1950.	Butler interpreta cineticamente os potenciais nernstianos; Volmer dá uma formulação teórica à relação intensidade-potencial; Gurney introduz uma aproximação mecânico-quântica sobre a transferência de cargas este, porém é atacado e esquecido. Frumkin relaciona a intensidade com a estrutura da dupla camada; Horiuti formula uma mecânica estatística das relações nas interfaces; Eyring formula uma relação potencial-corrente em função da teoria das velocidades de reação absolutas.
1949-1960 — Desperta a eletroquímica. A investigação fundamental cresce e se intensifca. Orienta-se fortemente para a cinética dos processos da interface.	Forma-se o Comitê Internacional de Termodinâmica e Cinética Eletroquímicas (CITCE) em 1949; A compreensão de conceito de *sobretensão* e de intensidade da corrente de troca generaliza-se entre os eletroquímicos da área fundamental; são estabelecidos métodos para a investigação das reações eletroquímicas; a NASA escolhe o caminho eletroquímico para prover energia nos estudos do espaço; a bateria zinco-prata proporciona uma alta densidade de potência eletroquímica; Vetter escreve um tratado geral sobre cinética dos elétrodos.

1960 — A eletroquímica se converte numa área interdisciplinar e suas aplicações se estendem amplamente.	— mecânica quântica recebe uma crescente atenção; — a visão de Gurney é ressuscitada; — os veículos espaciais são alimentados com energia eletroquímica; — comprovação experimental da teoria eletroquímica da fratura por fadiga; — del Duca propõe uma teoria eletroquímica da célula biológica; — Inicia-se a síntese do nylon por via eletroquímica. — Aumentam as pesquisas sobre carros elétricos à base de baterias eletroquímicas; — continuam as pesquisas sobre células a combustível.

FONTE: BOCKRIS — *(Modern Eletro-Chemistry,* pp. 25-25. (adaptado para essa publicação).

O método de ensino através da história já é utilizado há muito tempo. Mas não totalmente orientado como nos parece conveniente, pelos valores epistemológicos. Foram publicados interessantes estudos de caso coordenados por Conant da Universidade de Harward, nos idos de 1950, que constituem documentos valiosos para quem se dispõe a investir tempo e estudo nessa linha.

Um deles, sobre a *teoria atômica molecular* pode ser caracterizado como uma apresentação das seqüências da construção de conceitos e esquemas conceituais surgidos a partir de fatos experimentais ou para explicar esses fatos. A propósito desse tópico foi seguida a seqüência abaixo:

QUADRO 2.1.2.3

Principais eventos considerados na reconstituição da história da teoria atômica.

1774-1789 —	Período da "revolução química" afetada pela introdução, por Lavoisier, da teoria da combustão pelo oxigênio.
1789 —	Proposta de Higgin sobre a teoria atômica.
1792-1802 —	Trabalho de Richter sobre a lei das proporções equivalentes.
1797-1808 —	Trabalho de Proust sobre a lei das proporções definidas; desafiado por Berthollet em 1801.
1800-1803 —	Dalton completa uma formulação clara de sua teoria atômica.
1803	Primeira intimação pública da teoria de Dalton. Declaração de Thomson no ano seguinte.
1807	Aparecimento do primeiro apanhado da teoria atômica no livro de Thomson.
1808	Publicação da primeira parte da obra de Dalton: "Novo Sistema da Filosofia Química".
1808	Thomson e Wollaston sustentam a Lei das proporções múltiplas.
1809	Publicação do trabalho de Gay-Lussac sobre a lei dos volumes de combinação.
1810	Publicação da segunda parte da obra de Dalton "Novo Sistema" contendo críticas aos trabalhos de Gay-Lussac.
1811	Publicação do Avogadro: postulação de moléculas poliatômicas dos elementos.
1811	Berzelius apresenta um breve relato de sua teoria dualística.
1818	Berzelius publica uma coleção de grande número de pesos atômicos que se combinam.
1819	Publicação da "lei" do Petit e Dulong.
1827	Trabalho de Dumas sobre densidade de vapor.

1827-1857	Período de atividade científica intensa e resposta bastante confusa à teoria atômica.
1858	Publicação de Cannizzaro "Esboço de um curso em Filosofia Química".

FONTE: NASH L. *The Atomic Molecular Theory*, Harvard University Press, 1950, p. 113.

Um adendo epistemológico mostrando os aspectos já superados da teoria, como também uma crítica à "regra da maior simplicidade" que segundo o autor Nash, (105) foi a ótica diretriz do trabalho de Dalton, completaria o estudo.

Em Fortaleza, uma equipe de professores sob a coordenação e inspiração do Prof. Miguel Cunha vem desenvolvendo um projeto de ensino através da aplicação do método histórico. Por enquanto estão trabalhando esquemas conceituais mais restritos (p. ex. Lei de Boyle, Massa Atômica etc.) em contextos unitários; com o amadurecimento dos estudos, chegarão a articulação das etapas num trecho mais significativo da teoria. Não lhes pode faltar apoio nem reconhecimento.

2.1.3 *Dialetização da prática do ensino e da pesquisa*

A dialetização do ensino é uma proposta que decorre naturalmente da reflexão Bachelardiana. Considerando o caráter dialético da matéria a ser ensinada e o clima propício ao crescimento da química — tanto mais favorável quanto mais polêmico, sujeito à dúvida, à tensão natural, ao risco imprescindível, e a uma abertura cada vez maior — nada mais coerente que a proposta da alternância reversível ensinante-ensinado no espaço educacional.

A começar do ensinante ele precisará ter sempre, por dever de ofício, uma postura de aprendiz. Isso significa que a verdade a ser alcançada sempre foge ao alcance de sua mão, como um horizonte móvel que retrocede incessantemente rumo ao infinito. O ensinante deve estar disposto a conhecer na mesma medida em que é amplo o

mundo que se dispõe a descobrir. Dessa forma, a dialética já se instala na situação intrínseca a ele próprio: alguém que ensinará sempre mais, quanto mais disposto estiver a aprender...

Mas isso é o que se concebe quando se pensa o ensinante em si mesmo, em sua relação com seus pares, com o mundo impessoal e coletivo da ciência institucionalizada, aquém do seu tempo e além no tempo futuro. O sonho anagógico (1) do cientista não pode estar ausente de seu projeto pessoal.

A proposta porém vai mais fundo: chega à inversão dos papéis ensinante-ensinado. Como se passará isso na prática da escola, eis a primeira de difíceis questões.

Obviamente não serão todas as funções do mestre que se transferirão ao aluno. Porque, se isso ocorrer, o próprio aluno perderá aquilo que só pode vir do seu mestre. Contudo, a manutenção da função de mestre não significa a impossibilidade do desdobramento dessas atribuições entre os dois membros do binômio. Seria muito mais, a meu ver, uma duplicação dos papéis que uma inversão, com subtração ou omissão de qualquer deles. Nesse caso, seria bastante que o mestre permitisse, suscitasse (note-se a gradação dos termos na linha da otimização), propiciasse ou instaurasse um clima favorável a esse momento em que o aluno algumas vezes seria o mestre de si mesmo, dos seus colegas e eventualmente até de seu professor.

A pedagogia dialética não é uma idéia nova na história da educação. Já foi instituída em sistema nas propostas de Schleiermacher, Makarenko, Litt, Fischer, Derbolav, (131) e, entre nós, na obra de Paulo Freire. (54) Estas manifestações e propostas, porém, são de caráter mais geral, envolvendo uma estruturação global da atividade educadora. No caso da "educação científica", ela surge da própria dinâmica interna pela qual a ciência se autoconstrói.

As razões que fundamentam as iniciativas e o movimento dialético no sistema de Paulo Freire são de ordem política, ou seja, de ordem moral. Diria que, no caso da ciência, mesmo prevalecendo os mesmos argumentos políticos que fundamentam toda ação educativa, se acrescentariam as razões epistemológicas.

(1) Usa-se a expressão no sentido de: originário, mais alto, profundo, espiritual.

De alguma forma, ou de várias, é preciso dialetizar a relação ensinado-ensinante.

Num primeiro momento, coloca-se um convite à investigação e ao aprofundamento do problema, que se restringiria, aceitas as premissas, às dificuldades inerentes à sua concretização.

Como tornar o ensinado capaz de ensinar?

Como tornar o ensinante efetivamente "ensinado" pelo ensinado?

Partindo da idéia de que o processo de aprendizagem é pessoal, sendo o "outro" termo do binômio apenas catalizador ou colaborador, pela criação de oportunidade; parece-me que a atuação do aluno estaria na transmissão de sua problemática própria de aprendiz que, à medida que fosse explicitada, estaria sendo ensinada ao professor. Assim sendo, seria somente com a participação do aluno que o mestre se tornaria um bom professor, ou aprenderia a sê-lo.

No entanto, tudo dependerá do quando, do onde e do como. Condições essas que a prática, associada à teoria, permitirá ao bom senso e competência do professor criar.

O aluno ensinar ao professor é coisa que ocorre freqüentemente no que concerne à paulatina revelação do ser humano que ele é e de suas reações; ocorre freqüentemente na própria área que se está ensinando, obrigando o professor a uma nova organização de seus conhecimentos ao preparar uma aula, ou à renovação de seus métodos para atender a uma dificuldade da aprendizagem, ou à cobertura de uma lacuna aparecida diante de um fato novo que foi questionado, cujo conhecimento ainda não estava tão claro ou efetivado. Mas, na maior parte das vezes, isso ocorre aleatoriamente; fora do plano de trabalho do professor. Quando muito, este aceitará entrar em situações novas de dedicar-se a pequenos projetos comuns de pesquisa, que, mesmo de resultados já sabidos, podem conduzir a situações intermediárias e impasses imprevistos, erros inesperados com conseqüências felizes ou infelizes, e que tornam o professor tão perplexo quanto o aluno em seus primeiros momentos de contacto com o fato. Geralmente, a insegurança que essas ocasiões podem suscitar no professor, impede a grande número deles o empreendimento de tais proezas didáticas. Contudo, o que se propõe

aqui seria o movimento intencional de proporcionar ocasiões em que de fato o aluno traga ao professor alguns ou muitos conhecimentos novos, e essa contribuição seja explicitamente aceita como normal e desejável.

Quando ocorreria isso?

Diante de um problema bem elaborado segundo os requisitos piagetianos, o aluno pode chegar a uma conjunção de operações mentais que conduzam a lógica do raciocínio por um caminho desconhecido pelo professor. Como foi este o autor da situação problema, foi ele também o gerador indireto daquela situação de aprendizagem vivida pelo aluno. Cônscio de sua função e seguro de sua competência aprimorada nos limites de suas possibilidades, o professor só poderá ficar alegre e enaltecido com a ocorrência. Em situação análoga, o professor vaidoso e inseguro reagirá negativamente pelo mal-estar ou abolindo outras possíveis experiências futuras.

Na pós-graduação já se observa essa vivência. Porque na ciência já se concretiza essa situação. Quando um grupo de alunos, momentaneamente na função de colaboradores de pesquisa, trabalha em torno de um projeto de pesquisa junto a seu orientador, todos os fatos novos que os alunos descobrem, todas as relações que estabelecem e toda a estrutura que supõem, constituem matéria de revelação do novo para seu professor. No ponto de vista do cientista, o aluno poderia mesmo ajudar o pesquisador a ser cientista, confirmando suas certezas ou avolumando suas dúvidas através de um questionamento aberto em torno de sua obra. Esta seria, aliás uma ótima oportunidade de adaptação da linguagem cifrada da ciência, num exercício de comunicação com a população intermediária entre o cientista e o povo de modo geral.

A participação no planejamento do curso seria também uma forma do aluno assumir a atividade escolar que deve ser organizada em função dele. Diante de uma proposta metodológica de ensino, de uma lista de conteúdos, de uma enumeração de objetivos a serem alcançados, o aluno manifestaria suas aspirações e tomaria consciência de suas limitações. Ficaria bem explícita a necessidade da ajuda do professor, e seriam preestabelecidas as áreas em que ele, aluno, poderia se desenvolver de maneira mais autônoma, e discutir

o grau de elasticidade dos programas tendo em vista atividades profissionais futuras. Ficariam patentes também, as lacunas de informações mais elementares e as insuficiências quanto à capacidade de reorganizar conhecimentos ou aplicá-los a situações novas.

Não é aceitável a imposição dos programas rígidos, uma vez que é da competência do professor transformar o programa de sua disciplina num plano de curso o mais ajustado possível às condições e recursos atuais de cada nova turma de alunos que assume. Dosar o *quê* e *como* é uma arte e uma ciência, mas arte e ciência que devem estar presentes na prática quotidiana do magistério. Que se use a margem legal do "não cumprimento da absoluta totalidade programada" não para justificar o encurtamento de cursos e horários de aula, mas para equilibrar a distribuição de assuntos e tornar mais flexível a programação.

A opinião crítica do aluno sobre o desempenho do seu professor deve ser algo desejado e solicitado por este; como a consideração e o diálogo em torno dessa crítica. Muitas vezes, os professores constatarão, perplexos, que suas iniciativas de inovação, estimulação, novo impulso docente, são mal recebidas pelos estudantes. Ele não deve perder de vista o quanto a geração atual de estudantes foi submetida a processos indutores de apatia e viciada por métodos educativos de baixo nível: apressados, formais, insípidos, irracionais, traumáticos, anônimos, neutralizantes, omissos, castradores. Nesse caso, não é abrindo mão do propósito de melhoria que se vai interagir melhor com os alunos. É antes pelo exemplo demonstrativo do processo, para o qual ele solicitaria, pela primeira vez, a participação do aluno, buscando todas as adaptações que o pudessem tornar apetecível, que o professor catalizaria um movimento recuperador no grupo, como antídoto inicial de experiências prévias negativas, e como estímulo posterior para o direcionamento do processo para as metas traçadas do comum acordo.

Falta ainda mencionar uma lição muito importante que os jovens nos poderiam dar. Algum pensador já disse que a indispensável e necessária crítica social dos jovens em sua fase contestadora vem do fato de entrarem num mundo construído pelas gerações anteriores, assim como alguém entra pela primeira vez numa sala velha

e de paredes sujas. Esse visitante de primeira visita veria todas as aberrações e falhas do cômodo, a que os olhos que nele habitam há anos já estariam acostumados. Que se use essa prerrogativa dos jovens com relação à ciência. Em contato com a história do passado e os testemunhos do presente, a geração de nossos alunos tem muito a dizer na forma de crítica aos desmandos, às faceis adesões ao poder, ao sofrimento e à morte. Têm de ter olhos de lixeiros para limpar o mundo dos detritos químicos e olhos de esfomeados para encontrar os alimentos que são recusados ao mundo; e olhos de seres extremamente fatigados e violentados, para encontrar o justo conforto e segurança que a ciência já tem como possibilitar a todos os filhos dos homens.

Tratar-se-ia, em suma, de permitir, ou melhor, de propiciar que os aspectos políticos da condição de cientista pudessem ser abordados, conhecidos e discutidos.

Mas na relação entre química e sociedade não seria desvelada só a face negra da química; também sua face benévola ou prestimosa emergiria.

Que se promovessem seminários sobre o que já foi estudado e pesquisado no âmbito da química com respeito a problemas tais como os que citarei (numa solução em que ocorre o risco de espontaneísmo) mas que pode também catalizar a elaboração de uma lista mais completa.

a) *a seca das regiões áridas*

— nucleação de nuvens com sais e outros compostos para produção de chuvas artificiais;
— busca de substâncias que produzam filmes de retenção de água nos grãos de areia;
— melhoria dos processos de dessalinização das águas de irrigação, etc.

b) *aproveitamento da energia solar para as regiões ensolaradas do mundo* (que coincidem com grandes áreas do hemisfério sul correspondentes ao terceiro mundo).

— síntese de compostos com efeitos fotovoltáicos;
— a preparação de sistemas armazenadores de energia térmica;
— processos fotoquímicos que utilizem a luz do sol através de filtros especiais;
— sistemas químicos capazes de reverter o calor em dispositivos de refrigeração;
— e outros.

c) *o combate à fome*

— o estado da arte dos métodos e processos de aproveitamento do nitrogênio do ar (fixação de nitrogênio) para transformá-lo em compostos nutrientes do solo;
— a transformação de resíduos alimentares em forma apetecível de alimentos;
— a descoberta de processos inibidores da oxidação de óleos e deterioração das proteínas de resíduos industriais altamente protéicos como o germe de trigo (que em grande parte se perde no farelo vendido para rações animais).

Com muita surpresa se veria quantas soluções a química já encontrou, e o quanto muitos desses problemas permanecem não resolvidos mais por efeito de diretrizes políticas que por razões de deficiência técnico-científica.

2.1.4 *Ativação da Polêmica como Momento Construtor*

A primeira polêmica do cientista é contra si próprio; seria a colocação em termos bem atuais, e portanto verdadeiros, da ciência química contemporânea. Seria compreender sua evolução, até mesmo sua revolução. Não foi gratuitamente que Bachelard dedicou páginas e páginas de sua obra à ruptura com a química lavoisieriana. O que queria dizer, ao longo de toda a sua análise, é que o conceito central de substância foi superado em sua expressão clássica. Essa noção não mais se apresenta sob forma fixa de uma categoria que

se conserva imutável em sua definição. Bifurca a noção de conceito por um lado numa *verticalidade* que demonstra a passagem da concepção estática à concepção dinâmica de uma substância em contínua reequilibração interna; e por outro numa *horizontalidade*, em que discute os problemas de purificação e homogeneidade como critérios de exigência que evoluem com a própria ciência na direção de um limite que seria a substância sem acidentes. A análise dessa tese de Bachelard demandaria um espaço que me prometi abrir em publicações posteriores. Mas, apesar da crítica que sofreu, infelizmente, de alguns químicos talvez pouco afeitos à sua linguagem, é altamente significativa a correspondência de seus pontos de vista com a interpretação de químicos teóricos atuais como Paoloni (112 115) que demonstra, com provas bem mais recentes, as mesmas perspectivas de revolução apontadas por Bachelard, embora com outros exemplos e citando outros autores. Realmente, o que indica Paoloni, em outras palavras e com outras provas, é aquilo que não podemos deixar de considerar, numa postura contemporânea, se quisermos garantir a autenticidade de nossa função ou atuação no magistério, quanto nossa lucidez de pesquisador:

— a postulação da substância química atual é a de uma categoria dinâmica, profundamente associada ao tempo, cuja representação não é atendida pelas formulações clássicas, e exige considerações até mesmo de ordem topológica.

No intuito de embasar o que afirmo, resumo algumas verificações de Paoloni.

A noção de estrutura estática já está superada.

> "Isto significa que a persistência física das relações de adjacência expressas na fórmula de estrutura (ligações) não é uma condição necessária para que se conserve a identidade química de uma substância." (1)

Segundo ele, o exemplo mais característico das novas possibilidades se deu na invencão do bullvaleno $C_{10}H_{10}$.

(1) PAOLONI, L. Química Nova 3, 4, p. 167, 1980.

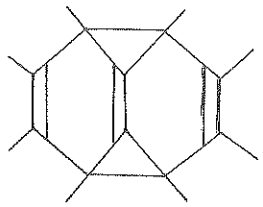


Fig. 2.1.4.1 BULLVALENO

Sua estrutura foi proposta em 1963 por Von Diering e Roht. Eles sugeriram que o composto obtido ligando dois grupos metilênicos com uma cadeia — C — C — devia transformar-se de maneira contínua, através de transposição, em moléculas diferentes, tendo todas, porém, idêntica fórmula de estrutura. O que corresponde, na química, a uma molécula com 10 grupos CH equivalentes. O bullvaleno foi sintetizado um ano depois (1964) por Schroeder e, quando em soluções, as moléculas apareciam dotadas das propriedades previstas. Os valenos, continua Paoloni, são hoje numerosos e constituem apenas uma parte das chamadas moléculas flexíveis.

Na mesma época (1961), Frisch e Wasserman (1) procuraram isómeros topológicos. Moléculas que, em tendo a mesma fórmula de estrutura, ocupam o espaço de modo diferente. A cicloparafina com mais de 50 átomos pode existir tripartida, como um anel (loop) ou como um nó dentro do anel.

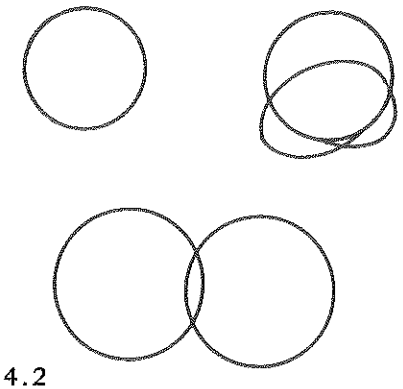


Fig. 2.1.4.2

(1) FRISH L. e WASSEKMAN. J. Am. Chem. Soc. 3789, 1964.

Essas situações e fenômenos deixam ainda muito a descobrir, são sinais de uma transformação em curso. Penso, como Paoloni que "o novo vem sendo aceito, mas pensando (e indicado) com as imagens (e os nomes) do passado".

Uma outra modalidade do cientista de polemizar consigo mesmo seria a tomada de consciência do próprio nível epistemológico alcançado na conceituação de alguns conteúdos básicos. Ou seja, traçar o seu próprio perfil epistemológico no que diz respeito a noções mais fundamentais entre outras como: equilíbrio, reatividade, ligação, ácido etc.

Ter-se-ia de optar entre os dois tratamentos propostos por Bachelard: o primeiro, fazer uma espectografia filosófica dos níveis conceituais; o segundo, recompor a evolução do conceito com suas ramificações ou fusões dialéticas, cujo melhor exemplo é o tratamento dado por ele à noção de *substância*. Obviamente o primeiro é um instrumento de avaliação pessoal; o segundo, porém, embora também sirva para conferir o grau de domínio pessoal do conceito atualizado, muito se enriqueceria se realizado com a colaboração de outrem, e daria como resultado como que uma visão instantânea do avanço conceitual da química ela própria.

Na polêmica contra alguém ou alguma coisa, cabe a tentativa de denunciar os sinais de presença da ideologia.

A ideologia subjacente nem sempre é tão subjacente. Assim, ao contrário, muitas vezes está bem aparente: revela-se em termos, metáforas, imagens etc. Nós é que os lemos e ouvimos sem enxergar ou entender, bloqueados por mecanismos que impedem a percepção. É bastante interessante verificar, de repente, que há autores que definem variação de entropia como "variação do grau de 'liberdade' ", enquanto outros a definem como "variação do grau de 'desordem' ". Do mesmo modo, é sugestivo observar a extensão em que provérbios do tipo "o semelhante atrai o semelhante" podem servir de regra mnemônica nas tendências de combinações entre ácidos moles e bases duras, convertendo-se numa fácil armadilha de erro conceitual até mesmo em autores como Masterton e Solowski, que, em outro contexto de definição de ácidos e bases,

afirmam no seu livro que "o ácido conjugado forte sempre está ligado a uma base conjugada também forte". (1)

No momento em que efetivamente nos convencemos de que a ciência cresce através da polêmica, não se consegue mais impedir que essa certeza gere a preocupação de suscitar oportunidades de polêmicas no ensino e na produção da ciência propriamente dita.

A forma eficaz de organizar uma polêmica não deve ser subestimada, sendo indispensável considerar as características de cada grupo de participantes, de cada assunto e de cada momento. É pouco inteligente minimizar as técnicas de discussão. Em geral, a tendência é de dar-lhes nomes (painel, seminário, *workshop* etc.) e ignorar as leis e normas de sua condição e organização. Se por um lado é verdade que um mau assunto não conduz a nada, e que vale o esmero na escolha dos temas, por outro é sinal de incompetência negligenciar, numa atitude de enfastiamento, as técnicas que conferem eficácia a essas estratégias. Nesse sentido, não se deveria negligenciar: permanente reavaliação da maneira como organizamos nossas reuniões científicas, o ajustamento progressivo do estilo adotado nas comunicações verbais, escritas ou experimentais. Neste aspecto, o europeu e o americano, menos avessos aos rituais de trabalho, aceitam todo o conjunto de comportamentos estabelecidos para cada ocasião. Que se distingam: seminário, painel, debate, oficina *(workshop)*, estudo orientado em equipes, diálogos sucessivos, estudo de casos, perguntas circulares, grupos de verbalização e observação, grupos de integração vertical/horizontal, grupos de "cochilo", times de observação, díade etc., e que sejam cada uma dessas formas bem aplicadas'. Muitos ficariam bastante agradecidos. (25)

A polêmica porém, apesar dos esforços para estimulá-la e criar-lhe a infra-estrutura organizacional, vem definhando, pelo menos entre nós. E também nos congressos internacionais isso se verifica. Várias conjeturas buscam explicar esse fato:

Nota-se a especialização crescente dos temas tratados de tal modo que qualquer crítica pode imediatamente ser tomada como sinal de falta de conhecimento do assunto desenvolvido de modo muito particular pelo autor, dentro de um campo já de si particular.

(1) MASTERTON & SOLOWINSKY. 1973, p. 460.

Não são raras as pesquisas científicas que versam sobre tópicos que, no mundo inteiro, não são investigados por mais de uma dezena de pessoas. Isso é facilmente constatável por uma atenta e freqüente consulta ao *Chemical Abstract*, no tocante a um mesmo tema de nosso interesse. Veremos que alguns tópicos à medida que se subdividem ficam restritos a faixas cada vez mais estreitas de autores.

Constata-se um notório acirramento do clima competitivo nos meios científicos de todo o mundo. Com isso, torna-se arriscado para as pessoas revelarem-se num debate público, incompetentes ou indiscretas, pela divulgação de detalhes, ainda secretos por razões de prudência; por outro lado, acontece também fuga de autores dos lugares e oportunidades onde seu produto científico seria julgado e criticado, ao mesmo tempo em que se omitem numa medida de autoproteção, de criticar os outros; ocorre ainda uma falsa noção de companheirismo, pela qual se confundem crítica e avaliação com atitudes de depreciação e rejeição; provavelmente o clima de deterioração dos relacionamentos, gerado pela competição, sobrecarrega de desejos inconfessos algumas pessoas, que passam a ver nos outros o espelho de suas pulsões internas. Daí o revigoramento do medo, o mascaramento das agressões e o aparecimento de formas sutís de hostilidade sob o disfarce da ironia, da indiferença e dos comentários ao pé do ouvido. É inegável o enfraquecimento ou desuso de valores como a franqueza, a lealdade e a coragem, coisa fácil de entender em momentos de crise e desespero pela sobrevivência.

Por fim, verifica-se a multiplicação dos instrumentos de poder de que se valem a crítica e a censura, mas sem riscos para quem critica, mercê dos mascaramentos dessas ações. Toda a tradição da referenda (ou consultoria seletiva de trabalhos) anônima (em que o autor ignora quem analisou, aceitou ou vetou o seu trabalho) vai se alastrando e se instituindo. Essa tradição internacional, mas relativamente recente entre nós, exclui a polêmica franca e aberta, tão necessária ao crescimento da verdadeira ciência. Considera-se poder ocorrer que o *referee* ou referendário (o censor intelectual) passe a ser um ditador na revista ou editora, e tudo com que ele não concorde, às vezes porque não o alcança, passe a ser tomado

como errônec ou não científico. É de se considerar também a "política" das publicações científicas, que privilegiam certos resultados e interpretações sobre outros. Importante para a análise desse esquema da organização é a leitura e reflexão dos livros de Kuhn, que analisam bem o surgimento e a superação dos *paradigmas* científicos e o papel de *ciência anômala* no crescimento do acervo científico. Embora a obra de Kuhn apresente certos encadeamentos não comprovados, bem como falhas de natureza filosófica (que não nos cabe analisar aqui), a introdução pura e simples dessas categorias a justificam.

Na busca da consciência possível, não deixaremos de topar com os mitos da "ciência fada" e da "ciência bruxa". São eles que geraram o cientificismo de um lado e, de outro, as cruzadas anticiência.

Não podemos esquecer que a química contemporânea está (por enquanto) intimamente ligada à tecnologia. Não somente no sentido de que põe à disposição desta última seu acervo de informações e descobertas, mas também no sentido de que a fenomenotécnica, como diz Bachelard, é braço atuante da ciência do mesmo modc que a teoria. As grandes exigências de instrumentação tornam a ciência de certo modo escrava da engenharia e de outras formas mais complexas da tecnologia. Não é ela, a ciência, sozinha, que produz ou possui seus próprios instrumentos de trabalho, ou a linha de reagentes de sua bancada. Esse casamento ciência-tecnologia produziu uma prole numerosa, é provável que a próxima geração tenha de cuidar do divórcio. Nessa oportunidade, sem dúvida, é à ciência que caberia mudar de rumo, e buscar outro parceiro para com ele gerar outra descendência.

Esse complexo problema está ligado ao que Horkenhaimer chama de Razão Instrumental. Sem poder discutí-lo aqui, de novo voltaremos a ele em outra oportunidade.

De qualquer modo, polemizar com alguém, ou com outra coisa, é também aprofundar todos esses aspectos. Obviamente essa não é uma tarefa individual, nem mesmo só para químicos, constituindo antes uma proposta de pesquisa inter e supradisciplinar.

2.2 *Socialização Efetiva e Ampla da Química Com Análise de Suas Conseqüências*

Ao refletir sobre a importância do trabalho coletivo na química, devemos considerar os diversos tipos de atividade, de modo a distinguir seletivamente o tipo e o grau de coletivização exigidos pelo projeto.

A primeira distinção a fazer é entre as pesquisas de inspiração e escolha pessoal e aquelas cuja temática é imposta externamente. Na maioria dos casos, a pesquisa fundamental se inclui no primeiro grupo, enquanto a pesquisa aplicada pertence ao segundo.

Ocorre ainda que a pesquisa fundamental tende a ser de caráter disciplinar enquanto que a outra é quase sempre de caráter interdisciplinar.

Para demonstrá-lo, citarei alguns exemplos concretos do nosso quotidiano químico. Tomemos um especialista em Raman. Ele pode confinar suas pesquisas nesse segmento, sobre o qual está seguro de possuir um certo controle. Assim, a ciência básica, gerando seus próprios problemas internos, seria conduzida nos limites dessa estreita faixa. Se aceitar a idéia de que a "ciência é a arte do solúvel", irá trabalhando naquilo em que tem chance de ser bem sucedido: ou resolvendo o problema original, ou provando que determinada abordagem é infrutífera, ou descobrindo à margem um outro detalhe posssível de ser abordado com êxito e também relevante. Nesse momento ingressamos na problemática do critério de importância, que é por vezes a medida da possibilidade do relacionamento de uma pesquisa com outra ciência básica.

Mesmo assim, e nos limites dessas estreitas faixas de especialização, o que observamos é um crescente número de publicações de autoria múltipla. As razões poderiam ser:

— a distribuição de tarefas viria resolver o problema da exigüidade do tempo e da curteza dos prazos;
— o envolvimento com a pós-graduação, na qual o mestrando e/ou o doutorando e seu orientador são co-autores dos trabalhos publicados

— a utilização de habilidades e conhecimentos diferentes num mesmo campo de saber, o que não chega a ser uma interdisciplinariedade mas uma interpotencialidade ou ação cooperativa entre diferentes aptidões (um membro mais experimentalista, outro com experiência em computação, outro em interpretação de dados etc).

Outros motivos de associação entre os trabalhadores da ciência, embora menos óbvios são muito atuantes. Nos grandes centros europeus e norte-americanos isso já é notório. Entre nós, talvez seja menos explícito. Na verdade, o trabalho em grupo é uma forma de superar o grande problema da solidão do homem moderno, uma vez que a partilha da atividade, sem o ônus das lideranças autoritárias e escravizantes, de igual para igual, pode muito bem ser uma maneira de repartir o "pão do ser e das horas"...

As qualidades que pesquisadores devem possuir dependem obviamente de sua função no grupo. Se outrora o cientista era comumente tido na conta de uma pessoa provavelmente introspectiva e reservada, agora o mínimo que se exige para uma liderança científica é "energia, autoconfiança e habilidade".

Fazer questão da prioridade do grupo, do sucesso do trabalho comum é tornar a ciência mais exeqüível e mais humana. Na universidade, não se deve fugir à reflexão necessária para criar as condições básicas a esse trabalho; essa reflexão seria especialmente profícua por razões que ultrapassam a própria química e se infiltram na vitalidade do próprio corpo universitário. Está mais do que na hora de examinar essas condições de trabalho, que dependem menos de recursos materiais que do pensamento, da cabeça e do coração das pessoas.

Cabem aqui algumas diferenciações com relação ao modo de trabalhar próprio da pesquisa aplicada. Ela tem sua temática indicada externamente, e a pergunta final, que fecha os relatórios é: "isso funciona?", e não: "isso aumenta o conhecimento em alguma disciplina particular?" Não se admite, aqui, o desvio do objetivo final, ainda que tudo que se encontrar de novo no caminho seja bastante aproveitado...

Contudo, semelhantes aos laboratórios de pesquisa aplicada, existem os grandes laboratórios científicos básicos montados em torno do grande equipamento, a exigir uma corte de especialistas para projetar, instalar, manter, aplicar e interpretar. Em ambos os casos, a interdisciplinaridade e a presença da engenharia (em várias modalidades) é indispensável. O problema é que não se pode impedir que o estilo dessa grande empresa científica invada a realidade universitária, impondo-lhe suas regras e seu ritmo.

A proposta de socialização da química não se restringe à coletivização pura e simples de suas atividades de ensino e pesquisa. Ela implica uma reflexão em torno dos fundamentos dessas necessidades. No plano do ensino, tornar mais explícitos os pressupostos de que é no convívio com os outros que o educando desenvolve suas potencialidades de toda ordem. No plano da pesquisa, impõe-se que a ciência, que será julgada por um consenso, já seja iniciada no consenso possível; e que, quando se opuser ao consenso vigente, que já nasça fortalecida por mais de um braço e mais de uma voz. Além disso, não se pode deixar de lado as exigências da polivalência de meios e recursos na tarefa de produção científica, como a interdisciplinaridade dos saberes que os problemas científicos estão a exigir.

Socialização implica também as relações entre a química e o todo social. Ela é dependente desse todo e para ele se dirige. Deixaremos porém, as considerações atinentes a estes aspectos para outras passagens desse trabalho, sobretudo aquela em que se discutirá a questão da polêmica e a cidade dos químicos.

Cabem ainda algumas considerações de ordem prática no plano do ensino.

Acredito ser desnecessário defender, mais do que já se fez, as vantagens de um bom trabalho em grupo. Contudo, enfatizaria apenas mais alguns. Começaria pela oportunidade de atenuação dos conflitos naturais aluno-mestre no confronto de duas posições em desnível de poder, em que os mecanismos latentes de um e de outro entrariam em oposição; até diferenças de linguagem que existem entre professor e aluno. O grupo possibilitaria ao aluno aprender entre outros e com outros de nível e linguagem mais próximos ou

semelhantes ao seu. Seguiria observando que o pensamento objetivo, coerente e formal é fruto da socialização, só levado a cabo no convívio de outros pensamentos. Acresce que muitas vezes é mais importante aprender métodos de trabalho que registrar uma massa de informações. E uma educação que vise o ensino e a produção de ciências não se efetivará se não possibilitar a vivência de atividades grupais.

É certo que há muitíssimos óbices a essa prática:

— a pressa com que é feita a tarefa ensinar-aprender; aulas de tempo exíguo, entre duas outras;
— o sistema de créditos, que dá o lugar a classes heterogêneas, com alunos que muitas vezes só se encontram naquela disciplina e naquele período, oriundos de cursos diferentes e com tempo de escolaridade os mais variados;
— falta de espaço físico nas universidades para o trabalho em grupo dos alunos (ausência de salas adequadas, de mobiliário, de silêncio etc.);
— dificuldade de encontros fora da universidade em razão das distâncias entre as moradias;
— horários superlotados e discordantes, pelos diferentes elencos de disciplinas cursadas pelos vários alunos;
— experiência anterior, mal conduzida, em que o grupo serviu para "proteger" o aluno fraco, enquanto o bom aluno é a máquina que puxa vagões sem poder reclamar por razões de "coleguismo" etc etc.

Contudo, creio que vale a pena insistir na experiência. Ou melhor, retomá-la com algumas garantias de êxito, ainda que somente pela duração de um semestre:

— Procurar transmitir a idéia das vantagens do trabalho em grupo e de sua generalização na vida moderna;
— Discutir com a classe as alternativas para tornar o processo honestamente produtivo;
— Informar aos alunos as várias modalidades de técnicas de organização, como o teste sociométrico fundamentado nas idéias de Moreno, e discutir quais as melhores alternativas

e, finalmente, levar à frente a opção escolhida para a formação dos grupos.

Uma vez estabelecidos, os grupos deverão criar as regras de funcionamento e controle do seu próprio trabalho:

— distribuição de funções;
— programação e manutenção do ritmo de trabalho;
— auto-regulação para o estabelecimento dos objetivos, dos papéis e da forma de cobrança das tarefas;
— avaliação dos resultados.

Sem essa aceitação e adesão, participação e escolha das regras do jogo será inútil qualquer atividade de grupo. Será mais uma experiência no rumo do desencanto e da apatia.

2.3 *A Localização, Caracterização e Avaliação da Cidade dos Cientistas Químicos*

Bachelard congratula-se com a cidade científica francesa, operante e respeitada. Em determinadas passagens, porém, estende o conceito a uma cidade científica mais universal e sem fronteiras no tempo e no espaço. Uma seria concreta, a outra, abstrata em seus limites, fronteiras e constituição, mas ambas igualmente legítimas no papel de confirmar ou rejeitar os aspectos da verdade paulatinamente construída.

Segundo Leicester, os químicos ingleses

> "embora individualistas, tinham o costume de se encontrar com seus colegas cientistas para discutir problemas de interesse mútuo. Foi na Inglaterra que, em outro importante estágio formulou-se para o desenvolvimento da profissão, a primeira sociedade nacional de química, fundada em 1841." (1)

De âmbito estadual já existia uma sociedade na Filadelfia, E.U.A., desde 1872. Com a sociedade de química em Londres, e sua revista lançada em 1847, "o padrão da química organizada que se tornou dominante desde então, foi determinado". Um a um, os países fo-

(1) Leicester, H. — The Historical Background Chemistry — Chapter XXII.

ram criando suas sociedades, acompanhadas de seu respectivo órgão de divulgação.

— Societé Chimique de Paris (1857) — Bulletin (1858)
— Deutsche Chemisch Gesellschaft (1867) — Berichte (1867)
— Sociedade Química da Russia (1868) — Revista (1869)
— Società Italiana di Chimica (1871) — Gazzeta (1871)
— American Chemical Society (1876) — Journal (1879).

No nosso caso, a identificação da cidade científica é menos simples. A cidade científica pressupõe uma atividade coletiva ou grupal e a posse de algum nível de autonomia e vida própria. Se considerarmos a principal função da cidade, o estabelecimento do consenso pelo qual se legitimam as unidades que vão compondo o corpo da ciência, diríamos que ela está dispersa em várias instâncias, de abrangência e poder diferentes.

Num grau crescente de amplitude, a primeira instância seria constituída pelas bancas examinadoras de teses de mestrado e doutorado e os grupos que selecionam os trabalhos a serem apresentados em congressos e reuniões científicas; os consultores dos periódicos, encarregados da censura científica; os comitês assessores dos órgãos financiadores de auxílios, bolsas e outras atividades do quotidiano do cientista.

Finalmente, ela se distribui no recorte das sociedades de química e, numa dimensão invisível, sob aquilo que se costuma chamar de comunidade química do país, que no entanto, não tendo foro de encontro, não pode exercer, testemunhar ou explicitar sua função de julgadora da prova e de promotora do consenso.

Obviamente, é comum o consenso aqui estabelecido buscar lá fora a confirmação da sua autoridade, e muitos cientistas se credenciam pela facilidade com que circulam em congressos e periódicos internacionais.

No Brasil, as atuais sociedades de química tiveram antecedentes, na forma de várias tentativas de organização, desde 1922. Essa história está reconstituída no Quadro 2.3.1.

As origens da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) não foram tranqüilas. No momento da mais acentuada inércia da Associação Brasileira de Química (sem manifestação explícita desde 1971), foi feita uma consulta à comunidade (419 químicos pesquisadores) 69% dos quais responderam confirmando a necessidade e a conveniência da criação de uma nova sociedade, que atendesse ao desenvolvimento da química no país. Foi assim que, na memorável reunião da SBPC em 1977, à qual os acadêmicos e cientistas do país estavam expressamente proibidos de comparecer sob pena de demissão, os químicos presentes, cerca de 80, referendados pela vontade expressa na consulta prévia, criaram a nova entidade, surgida num movimento de repulsa ao veto à liberdade de reunião e de associação. Os sócios fundadores assinaram sobre um cartaz que estampava a figura de Galileu: imagem símbolo da reunião que acontecia sob a corajosa hospedagem da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP).

A química, mais uma vez, tentava se organizar no Brasil. Desta feita, procurando fugir à influência dos grupos estrangeiros das multinacionais, dando o justo lugar à pesquisa e à educação, congregando todos os que se interessarem pela química, fossem eles eméritos ex-professores ou simples estudantes cheios de entusiasmo.

Na empolgação de seus primeiros momentos, a Sociedade Brasileira de Química traçou e até hoje lhe tem permanecido fiel, o projeto de fazer progredir a química, congregar seus trabalhadores e ajustar os interesses dessa ciência aos do país e da sociedade (Art. 2 dos Estatutos). (135) Em suas reuniões anuais, como sociedade pertencente entre outras, ao rol das associadas à SPBC, os cientistas químicos apresentam sua produção científica, suas pesquisas educacionais e debatem suas perspectivas de política científica e social.

Obviamente, o perfil de sua atuação política irá se definindo a partir de sua práxis e de sua filosofia. Terá de estimular seus sócios com uma inspiração de organização e luta por uma melhoria da atuação da ciência do Brasil com relação ao conjunto da nação.

Tendo se posicionado em todas as ocasiões mais graves — da

anistia aos movimentos em apoio às reivindicações dos professores, como também pelas eleições diretas — tem ainda à sua frente vastos espaços e problemas dos mais complicados como objeto de reflexão e ação.

Para qualquer sociedade de Química, porém, em sua extensão para a cidade científica química caberá sempre:

— avaliar e criticar, no contexto nacional, os planos e projetos governamentais relacionados à implantação, ao desenvolvimento e atuação da ciência;
— analisar a filosofia, a prática e as conseqüências do processo educativo brasileiro, sobretudo no que toca ao ensino e à produção dos conhecimentos químicos;
— avaliar os perfis das diversas linhas de atuação profissional do químico e das diversas atribuições profissionais para se afirmar um ponto de vista com relação a uma justa redistribuição das ofertas de mão-de-obra em face das necessidades bem diferenciadas geradas pelo crescimento do país;
— reavivar continuamente a consciência da própria química como ciência em evolução dentro da comunidade dos químicos. Isto deve ser realizado mediante a pesquisa, com a explicitação das frentes avançadas de investigação e das áreas prioritárias para o país em termos de expansão do nosso conhecimento químico;
— aferir as conseqüências da atuação da química nos problemas atuais da época tecnológica: poluição, preservação do meio ambiente, previsão de recursos alimentícios, combate às doenças endêmicas, contribuição para a solução dos grandes problemas da humanidade: energia, saúde, melhoria de vida para todos, incluindo conforto, lazer e maior abertura para os mistérios do universo que ainda cercam o homem como uma noite a ser transposta.

Voltando a uma das faces visíveis dessa cidade, que são as sociedades, há de se ocupar com a implantação de alguns dos seus aspectos organizacionais.

A consolidação de uma estrutura orgânica que se fortalece nas secretarias regionais irá aguçando estratégias de pronta resposta aos problemas do dia-a-dia. Os ardís ideológicos da trama social irão sendo desvelados pelo exercício da reflexão em grupo, pela vivência política em órgãos diversos, e a análise dos fatos colhidos nas fontes gerais e particulares de informação. Somente um sentido de estratégia política e da prática da participação lúcida, e do desejo de manter em bom nível a consciência possível, podem restituir, aos olhos da nação, a imagem do químico, muitas vezes depreciado quando maldosamente comparado em seu desempenho, a outros profissionais que, mesmo no campo das ciências exatas, têm o seu corpo científico sujeito a outras condições. A química se dispersa por variedades múltiplas de atividades profissionais, é envolvida em seu quotidiano pelo sistema de produção capitalista; mesmo quando está aparentemente protegida, nos redutos universitários ou institutos de pesquisa fundamental. Na verdade, a química é uma ciência mais existencial que a física e a matemática. Mais sujeita às induções dos momentos, menos ascética nos seus sistemas de estudo, nela não se pode trabalhar somente com materiais de alta pureza, ou isolar rigorosamente variáveis, ou mantê-las sob controle com a mesma facilidade que em outras áreas de ciência. É uma ciência muito mais comprometida com a utilização, com o sincretismo, com o pragmatismo das aplicações. Indispensável ao homem; em nenhum estágio de sua vida ou de sua história pode ou poderá estar ausente. A extensão do seu poder sujeita seus autores a situações conflitantes e pouco nítidas; está na guerra e na paz; está na vida e na morte; está aqui, ali e em toda parte do universo material. Mesmo onde não haja vida, mas onde quer que haja matéria e energia.

Como porém a química se espraia fora da academia e por atividades industriais e de serviço aplicados na "urbis", a importante presença dos sindicatos químicos e conselhos regionais de química permitirá às sociedades reunir o conjunto de seus profissionais em torno de problemas comuns.

A vivência de práticas produtivas diversas e a subseqüente discussão e troca das informações serão as únicas possibilidades de ativar e desenvolver a consciência possível no espaço mais conveni-

ente para a conversão do químico num intelectual orgânico, a expansão e conformação dos já existentes por meio de uma ação política organizada.

QUADRO 2. 3. 1.

História das Sociedades Químicas no Brasil

1922 — Sociedade Brasileira de Química.
1938 — Associação Química do Brasil.
1951 — Fusão das duas sociedades na Associação Brasileira de Química (ABQ).
1952 — 1960 ABQ promove 5 Congressos.
1961 — 1975 ABQ promove 4 Congressos.
1962 — 1975 Período de latência de ABQ.
1964 — Fundação da Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM).
1975 — Fundação da Associação Brasileira de Engenharia Química (ABEQ).
1977 — Sociedade Brasileira de Química.
1978 — 1984 SBQ promove 7 Reuniões Anuais e mais de 20 reuniões regionais.

FONTE: MORS, V. Rev. Q. Ind., 1980, p. 102, com acréscimos da autora.

Bibliografia

1 — AEBLI, Hans. *Prática de Ensino.* Trad. Maria Terezinha de Oliveira Huland. 2. ed. Rio de Janeiro, Vozes, 1971.

2 — *AGENDA CNPq.* Informativo do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Brasília, Assessoria de Imprensa CNPq 0228-039—, 1983/1984.

3 — ALEXEYEV, V.N. *Quantitative Analysis.* 2nd ed. Trad. do russo, E.B. Moscou, Uvarov, MIR, s.d.

4 — ————. *Analyse qualitative.* Moscou, Ed. de La Paix, 1980.

5 — ALLINGER R. NORMAN, L. et. alii. *Organic Chemistry.* 2nd ed. New York, Worth Publishers Inc., 1976.

6 — ATKINS, J. Myron & KARPLUS, Robert. Descoberta ou invenção IN: *O ensino,* textos escolhidos por Nelson, Louis, N. Trad. Joshuah de Bragança Soares, São Paulo, Saraiva, 1980, parte 16, p. 249-254.

7 — AUSUBEL, D. The transition from concrete to abstract cognitive functioning: theoretical issues and implications for education, *JRST (2),* 221, (1964).

8 — BACHELARD, Gaston. *Le nouvel esprit scientifique,* 15.ª ed, Paris, Presses Universitaires de France, 1934.

9 — ————. *L' activité rationaliste de la physique contemporaine.* Paris, Presses Universitaires de France, 1951.

10 — ————. *Etudes,* Paris, Vrin, 1970.

11 — ————. *Epistémologie.* Textes choisis par Dominique Lecourt. 3ª ed. Paris, Presses Universitaires de France, 1971.

12 — ————. *Engagement rationaliste,* 1.ªs ed. Paris, Presses Universitaires de France, 1972.

13 — ————. *Le matérialisme rationnel,* 3.ª ed. Paris, Presses Universitaires de France, 1972.

14 — ————. *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne,* 2.ª ed. Paris, 1973.

15 — ————. *La actividad racionalista de la física contemporánea.* Trad. Estela Canto Buenos Aires, Editorial Siglo Versite, 1975.

16 — ————. *La philosophie du non,* 7.ª ed. s.l. Presse Universitaire de France, 1975.

17 — BACHELARD, Gaston. *Le rationalisme appliqué,* 5.ª ed. Paris, Presses Universitaires de France, 1975.

18 — ————. *La formation de l'esprit scientifique: contribuition à une psychanalyse de la connaissance objective,* 11eme ed., Paris, Vrin, 1980.
19 — ————. *Essai sur la connaissance approchée.* Paris, Vrin, 1981.
20 — BALBINO, R.R. O objeto de matemática especificidade e materialidade. *Educação pela inteligência,* I, 1, 53-59, 1981.
21 — BARROW, Gordon M. *Physical Chemistry,* 2 ed. New York, Mc Graw-Hill, 1966.
22 — BEISTEL, D.W. A Piaget approach to general chemistry, *J. Chem.* Ed. 52.°. 3, 151-152, 1975.
23 — BENT, Henry A. Uses of history in teaching chemistry. *J. Chem.* Ed. 54.° 8, 462-468, 1977.
24 — BOCKRIS JO'M. & REDDY, A.K.N. *Eletroquímica moderna.* Trad. espanhola de D. José Beltran. Barcelona, Ed. Reverté, 1979, vol. I.
25 — BORDENAVE, Juan D. & PEREIRA, Adair M. *Estratégias de ensino-aprendizagem* — 5.ª ed., Petrópolis, Vozes, 1983.
26 — BRANNIGAM, Augustine. *A base social das descobertas científicas.* Trad. Lea Susse Rina Viveiros de Castro, Rio de Janeiro, Zahar Ed., 1984.
27 — *BRASIL* — Decreto n.° 76.924 de 29 de dezembro de 1975. Regulamenta a concessão de incentivos funcionais — Brasília — Diário Oficial CXIII — 242.
28 — BRASIL — *Reforma do ensino — Novas diretrizes e bases da educação nacional.* Rio de Janeiro, Gráfica Auriverde Ltda. 1974.
29 — BROZEN, R. *En el reino del hada buena.* Trad. E. Karapetian, Moscou, Mir. 1974.
39 — BRUNER, Jerome S. O ato da descoberta IN: *O ensino* textos escolhidos por Nelson Louis, N. Trad. Joshuah de Bragança Soares, São Paulo, Saraiva. 1980, parte M3, p. 213-225.
31 — BUNGE, Mario. *Ciência e Desenvolvimento.* Trad. Claudia Regis Junqueira. Belo Horizonte, Ed. Itatiaia, São Paulo, 1980.
32 — CANGUILHEM, C. Dialectique et philosophie du non chez Gaston Bachelard. *Revue Internationale de Philosophie, 66,* (4); 1963.
33 — CANGUILHEM. G. Gaston Bachelard et les philosophes — *Sciences 24,* 7-10, 1963.
34 — ————. L'histoire des sciences dans l'oeuvre épistémologique de Gaston Bachelard. *Annales de L'Université de Paris, 1,* 173-186. 1963.
35 — CASTELLAN, G.W. *Física-química.* Trad. Luis Carlos Guimarães. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, Editora S.A., 1976, 2v.
36 — CASTRO, Armando. *Teoria do conhecimento científico,* Porto, Ed. Limiar, 1982, v. 3, 4.
37 — CHEMICAL BOND APPROACH. *Chemical Systems.* New York. McGraw Hill, Book Co. 1964.

38 — CONSELHO FEDERAL DE QUÍMICA. *Legislação do químico,* Rio de Janeiro, 1981.
39 — COTTON, Albert, F. & WILKINSON, Geoffrey. *Basic inorganic chemistry.* New York, John Wiley & Sons, Inc., 1976.
40 — COTTON, Albert F. Ligand Field Theory, *J. Chem. Ed. 41.* (9): 466-476, 1964.
41 — DAGONET, François. *Tableaux et langages de la chimie. Paris,* Seuil, 1969.
42 — DAGONET, François. *Bachelard.* Trad. Alberto Campos. Lisboa, Edições 70, 1980.
43 — ENCONTRO NACIONAL DE QUÍMICA ANALÍTICA, 1, Rio de Janeiro, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Dep. de Química Analítica. 1982.
44 — DERKSE, W. Popper's epistemology as a pedagogic and didactic principle or: let them make more "mistakes". *J. Chem. Ed. 58* (7): 565-567, 1981.
45 — EBERHARDT, W.H. Textobook errors index numbers. 73-138. *J. Chem. Ed. 57 (2):* 129-133, 1980.
46 — EVANS, Thomas A. The impact of chemical science: do our students understand it? *J. Chem. Ed. 54.* (5): 304-305, 1977.
47 — EWING, Galen W. *Instrumental methods of chemical analyses.* 3rd ed., New York, Mc Graw-Hill, 1960.
48 — *EXPERIÊNCIAS de Química Técnica e Conceitos Básicos:* PEQ — Projetos de Ensino de Química/ coordenador Ernesto Giesbrecht. Autores Anna Maria Passos Felicissimo */ et alii /*; revisor Ricardo Feltre — São Paulo, Ed. Moderna. Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.
49 — FENSAHM, Peter. Challenges of the future for chemical education. *J. Chem. Ed. 59* (2): 98-101, 1982.
50 — FOX, Mary F. & FAVER, Cherine A. Independence and cooperation in research. *J. Higher Educ. 55:* 347-359, 1984.
51 — FREILICH, Mark. B. A student evaluation of teaching techniques. *J. Chem. Ed. 60* (3): 218-221, 1983.
52 — FRAZER, Malcolm. A resolução de problemas em química. *Química Nova,* 5/4: 126-127, 1982.
53 — FRAZER, Malcolm. A Pesquisa em Educação Química, *Química Nova, 5* (4): 126-127, 1982.
54 — FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido.* 8. ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1980
55 — FRISCH, H.L. & WASSERMAN, E. Chemical topology — organic and biological chemistry. *J. Am. Chem. Soc. 83: 3789-3795,* 1961.
56 — FUNDAÇÃO CESGRANRIO. *Análise das questões — comentários técnicos soluções, química.* Rio de Janeiro, 1980, 1981.
57 — GADOTTI, Moacir. *Educação e poder, introdução à pedagogia do conflito.* 5. ed. São Paulo. Cortez: autores associados, 1984.

58 — GENYEA, Julien. Improving students problem — solving skill. *J Chem. Ed. 60* (5): 478-482, 1983.
59 — GIANNOTTI, José A. A universidade e a crise. *Novos Estudos*, CEBRAP. *10:* 32-41, 1984.
60 — GINESTIER, Paul. *Pour connaitre la pensée de Bachelard.* Bordas. 2. ed. s.l., s. ed., 1981.
61 — GOLDWHITE, Harold. Provocative opinion — Clio and chemistry: A divorce has been arranged. *J. Chem. Ed. 52* (10): 645-651, 1975.
62 — GOOD, Ron, KROM, Robert A. & MELLON, E.K. Piaget's work and chemical education. *J. Chem. Ed. 56:* 426-430, 1979.
63 — ————. et alii. The work of Jean Piaget. *J. Chem. Ed. 55* (11): 688-693, 1978.
64 — GOODMAN, Daniel W. & BEAN, John C. A chemistry laboratory project to develop thinking and writing skills. *J. Chem. Ed. 60* (6): 483-484, 1983.
65 — GOODSTEIN, Madeline P. & HOWE, Ann. Application of Piaget theory to introductory chemistry instruction, *J. Chem. Ed. 55* (3): 171-173, 1978.
66 — GOULD, Edwin S. *Inorganic reactions and structure.* Revised edition. S. Francisco, Holt Rinehart, 1962.
67 — GRANGER, Giller-Gaston. *Pensamento formal e ciências do homen* I. Trad. Miguel Serras Pereira, Lisboa, Editorial Presença, 1975.
68 — HERRON, Dudley J. Piaget for chemists. *J. Chem. Ed. 52* (3): 146-149, 1975.
69 — ————. Piaget in the classroom. *J. Chem. Ed. 55* (3): 165-170, 1978.
70 — HOLTON, Gerald. On the role of themata in scientific thought Science, *188:* 328-334, 1975.
71 — ————. *A imaginação científica.* Trad. Waltensir Dutra. Rio de Janeiro, Zahar Ed., 1979.
72 — HUHEEY, James E. *Inorganic chemistry principles of structure and reactivity,* New York, Harper & Row, 1972.
73 — INFORME PADCT — Boletim do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico. CNPq — Brasília, 01-04, 1983-1984.
74 — INTERNATIONAL Union of Pure and Applied Chemistry — Commitee on Teaching of Chemistry — *Chemical Education on the Seventies* Edited by A. Kornhauser, C.N.R. Rao, D.J. Waddington. North Yorkshire, 1980.
75 — INTERNATIONAL Union of Pure Applied Chemistry — (IUPAC) — *Programme de la Septième Conference Internationale sur l'éducation en chimie* — KEMPA, Montpellier, 1983.
76 — JACQUES, Jean. *Les cenfessions d'un chimiste ordinaire*. Paris, Ed. du Seuil, 1981.
77 — JORGENSEN, Christian K. The third revolution in "Ligand Field" Theory — The Ionization Energy of the Partly Filled Shell is Sometimes Larger than of the Ligand Orbitals, *Chimia, 27* (4): 203-208, 1973.
78 — KING, E.J. *Qualitatives Analyses and Eletrolytic Solutions.* New York, Harcout, Brau Wold Inc. 1959.
79 — KOLTHOFF, Isaac M. & SANDELL, Ernest B. *Textbook of quantitative inorganic analysis,* 3rd ed., New York, Macmillan Co, 1967.
80 — KUHN, Thomas S. *A estrutura das revoluções científicas.* Tradução brasileira. 2. ed. São Paulo, Editora Perspectiva, 1978.
81 — LAGOWSKI, J.Y. *Modern inorganic chemistry,* New York, Marcel Dekker Inc., 1973.
82 — LECOURT, Dominique. *Pour une critique de l'épistemologie* (Bachelard). 3.ª ed. Paris, François Maspero, 1971.
83 — ————. *Bachelard le jour et la nuit (un essai du matérialisme dialectique).* Paris, Bernard Grasset, 1974.
84 — ————. *L'épistémologie historique de Gaston Bachelard.* 5ème ed., Paris, Vrin, 1978.
85 — ————. *L'ordre et les jeux: le positivisme logique en question.* Paris, Bernard Grasset, 1981.
86 — LEE, John D. *Princípios de química inorgânica.* Trad. São Paulo, Ed. Buchler, 1973.
87 — LEYDESDORFF, Loet. Los sindicatos y la investigación científica-política. *Enseranza superiore investigazion científica en Holanda, 24, (13/4):* 1980.
88 — LIMA, Lauro. O. *A escola secundária moderna.* 9. ed., Petrópolis, Vozes, 1971.
89 — LIMA, Naides C.S.A., ESPIRIDIÃO, Yvone M. *Química dos experimentos às teorias,* São Paulo, Companhia Editora Nacional, 1977, 2v.
90 — LIPPINCOTT, W.T. Retrospects and prospects in chemical education. *J. Chem. Ed. 57* (1): 4-9, 1980.
91 — MAHAN, Bruce. *University Chemistry*. Palo Alto Addison Wesley Publishing Co., 1965.
92 — MARCONI, Marina A. & LAKATOS, Eva M. *Técnicas de Pesquisa.* São Paulo, Ed. Atlas, 1982.
93 — MARGOLIN, Jean-Claude. *Bachelard,* Paris, Seuil, 1974.
94 — MASTERTON, William L. & SLOWINSKY, Emil J. *Química Geral superior.* Trad. Domingos Cachinevio Dias Neto e Antonio Fernandes Rodrigues. 4. ed., Rio de Janeiro, Interamericana, 1978.
95 — MATHIAS, Simão. Cem anos de química no Brasil. IN: Suplemento do Centenário — São Paulo — *O Estado de São Paulo* em 8.2.1975, n.º 6, p. 1-6.
96 — McARTHUR, P. & SMITH, Wayne L. Ethics in science: recombinant problems. *J. Chem. Ed. 59* (10): 839-841, 1982.

97 — MERTON, Robert K. Thematic analysis in science notes on Holton's concept *science, 188:* 335-338.
98 — METER, F.M. van and EBEHARDT, W.H. Textbook errors index — numbers 1-72, *J. Chem. Ed., 44* (6): 356-361, 1967.
99 — MOORE, Walter J. *Físico-Química.* Trad. Helena Li Chun (e outros). São Paulo, Edgard Bhucher, 1976.
100 — MILAKOFSKY, Louis & PATTERSON, Henry. Chemical education and Piaget. *J. Chem. Ed., 56 (2)*: 87-90, 1979.
101 — MORIN, Edgar. *Science avec concience.* Paris, *Fayard,* 1982.
102 — MORISSON, R. & BOYD, R. *Química orgânica.* 6. ed. Trad. M. Alves da Silva. Lisboa, Fundação Calouste Gulbekian, 1978.
103 — MORS, Walter B. Carta da ABQ. *Revista Brasileira de Química,* 102-104, 1980.
104 — MOUNIN, Georges. Une Sémiologie du système des signes de la chimie. *Diogène. 114:* 92-104, 1981.
105 — NASH, Leonard K. *The atomic — molecular theory.* Cambridge, Harvard University Press, 1950.
106 — NELSON, Luis N. O ensino como investigação e descoberta. IN: *O ensino.* Textos escolhidos. Trad. Joshual de Bragança Soares. São Paulo. Saraiva, 1980, parte 12, 197-211.
107 — NOVACK, Joseph. Application of advances in learning theory and philosophy of science to the improvement of chemistry. *J. Chem. Ed. 61 (7):* 607-612, 1984.
108 — NUSSENZVEIG, Moyses. Para que serve a pesquisa básica? *Ciência hoje* I *4:* 56-61, 1983.
109 — ————. O PADCT e a sobrevivência da pesquisa. *Ciência Hoje, 3* (13): 97-102, 1984.
110 — OHLWEILER, Otto A. *Química analítica quantitativa.* 2. ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos Científicos Editora S.A., 1976. 4 v.
111 — OLIVEIRA, Francisco & BORGES, Wanderley J. Notas intempestivas sobre a questão da Universidade. *In: Universidade e Desenvolvimento* — Simpósio Universidade Federal de Paraíba — João Pessoa — UFPB — 1979.
112 — PAOLONI, Leonello. Towards a culture-based approach to chemical education in secondary schools: the role of chemical fomula in the teaching of chemistry. *Eur. J. Sci. Educ. 1* (4): 365-377, 1979.
113 — ————. Química e mecânica quântica: relação entre a estrutura lógica da química e a realidade molecular. *Química Nova, 3* (4): 164-171, 1980.
114 — ————. Chemistry as Part of Culture: a challenge to chemical education. *Eur. J. Sci. Educ., 3* (2): 139-144, 1981.
115 — ————. La vicenda storica dell'impatto tra chimica classica e mecanica quantistica (1930-1950), *Ciência e cultura, 33* (6): 809-820, 1981.

116— PARENTE, Letícia T.S. *O Ensino e a Pesquisa em Química na Universidade Brasileira.* Rio de Janeiro, IESAE/FGV, (Tese de Mestrado), 1985.
117 — PIAGET, Jean. *Introdution à l'épistémologie génétique — Tome II — La Pensée Physique,* Paris, Presses Universitaires de France, 1950.
118 — ————. *A equilibração das estruturas cognitivas.* Trad. Marion Merlone dos Santos Pereira. Rio de Janeiro, Zahar, 1976.
119 — POWERS, Jack W. & BLACK, David G. Jr. Research as a Vital Element in the undergraduate college. *J. Chem. Ed. 54* (9): 565, 1977.
120 — QUAGLIANO, J.V. & VALLARINO, L.M. *Química.* Trad. Aída Espinola. 3. ed., Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1979.
121 — QUILLET, Pierre. *Bachelard,* 4ème ed., Paris, Editions Seghers, 1964.
122 — QUÍMICA NOVA — São Paulo — Sociedade Brasileira de Química, 1977-1984.
123 — RICHARDSON, Verlin & RENNER, John W. A study of the inquiry-discovery method of laboratory instruction. *J. Chem. Ed. 47* (1): 77-79, 1970.
124 — RIP, Arie & BOEKER, Egbert. Scientists and social responsability in the neetherlands. *Social Studies of Science* 5: 457-84, 1975.
125 — ————. The social context of science technology and society courses. *Studies in Higher Education, 4* (1): 227-238, 1979.
126 — ROMEY, William D. *Inquiry techniques for teaching science,* New Jersey, Prentice Hall, 1968.
127 — SAVIANI, Demerval. *Ensino público e algumas falas sobre Universidade.* São Paulo, Corte Editora Autores Associados, 1984.
128 — SCHAFER, Karl Herman & SCHALLER, Klaus. *Ciência educação crítica e didática comunicativa.* Tradução Margit Martincic. Rio de Janeiro. Ed. Tempo Brasileiro, 1982.
129 — SCHAEFER, Gerhard. Concept formation in biology. The concept growth. *Eur. J. Sci. Educ., 1,* (1): 87-101, 1979.
130 — SCHAFFRATH, Robert E. Provocative opinion is "why" more important than "what"? *J. Chem. Ed. 60,* (9): 728-729, 1983.
131 — SCHMIED-KOWARZIK, Wolfdietrich. *Pedagogia dialética de Aristóteles a Paulo Freire.* Trad. Wolfang Les Mar. São Paulo, Brasiliense, 1983.
132 — SCHWARTZ, A. Truman. The history of chemistry. *J. Chem. Ed. 54,* (8): 467-468, 1977.
133 — SCHWARTZMAN, Simon. *Ciência, Universidade e Ideologia. A política do conhecimento.* Rio de Janeiro, Zahar, 1981.
134 — SELVARATNAM, M. & FRAZER, M.J. *Problem Solving in Chemistry,* Londres, Hernimann Educational Books, 1982.
135 — SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA — *Estatutos da Sociedade Brasileira de Química.*

136 — SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA — *A formação do geólogo nas universidades brasileiras: um retrato de duas décadas* — Brasília, MEC/SESU, 1981.
137 — SOLOMONS, T.W.G. *Organic Chemistry.* 2nd. ed., New York, John Wiley & Sons Inc., 1980.
138 — SUCHMAN, J. Richard. Investigação e educação. IN: *O ensino* — Textos escolhidos por Nelson, Louis, N. Trad. Joshual de Bragança Soares. São Paulo. Saraiva, 1980, parte 15, p. 231-247.
139 — SUPLEMENTO DE *CIÊNCIA E CULTURA* — Resumo da 35.ª Reunião Anual. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência — São Paulo — vol. 34 n.º 7, julho 1982.
140 — SUPLEMENTO DE *CIÊNCIA E CULTURA* — Resumos — 34.ª Reunião Anual. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. São Paulo — vol. 35, n.º 7, julho 1983.
141 — SUPLEMENTO DE *CIÊNCIA E CULTURA* — Resumos da 36.ª Reunião Anual. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, São Paulo, vol. 36, n.º 7, julho, 1984.
142 — THIOLLENT, Michel. Aspectos sociais da didática universitária *Educação e Sociedade, 4:* 123-136, 1979.
143 — ————. *Crítica metodológica, investigação social e enquete operária.* São Paulo. Editora Polis, 1980.
144 — UNESCO — *New trends in chemistry teaching* — vol. I — (1964-1965) Edited by E. Cartmell. Bruges, 1967.
145 — UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ — Resolução n.º 366 de 12 de julho de 1976 — sobre avaliação pelos Departamentos da produção científica ou técnica dos docentes da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 16 de julho de 1976.
146 — UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ — Seminário da Universidade e o desenvolvimento regional. Fortaleza, Edições da UFC, 1980.
147 — UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ — Resolução n.º 84/CEPE 07 abril 1983 — Progressão Vertical dos docentes de referência 4 da classe de Professor Assistente para referência 1 de classe de Professor Adjunto — Fortaleza, 08 abril 1983.
148 — UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS — Resolução 11/82 — Avaliação de Desempenho para Efeito de Progressão vertical da classe de Professor Assistente à classe de Professor Adjunto —Belo Horizonte — dezembro 1982.
149 — UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA — Conselho Superior de Ensino Pesquisa e Extensão — Sistema de Avaliação de Magistério Superior para Efeito de Progressão Funcional Vertical Resolução n.º 70/82 — João Pessoa, 1982.
150 — UNVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO — COMISSÃO PERMANENTE DE PESSOAL DOCENTE (CPPD) — Primeira Progressão Vertical prevista no Decreto n.º 85.487/80. Rio de Janeiro. Boletim 34, 44, 1982.
151 — VALLA, Victor V. & SILVA, Luiz W. *Ciência e Tecnologia no Brasil: história e ideologia* — 1949-1976. Brasília, CNPq — 1981.
152 — VAITSMAN, Delmo S. & BITTENCOURT, Olymar A. & PINTO, Amaury A. *Análise química qualitativa.* Rio de Janeiro, Campus, 1981.
153 — VIDAL, Florence. *Problems solving. Metodologia Geral da Criativi dade.* Trad. Agnes Cretella, São Paulo, Bestseller, 1973.
154 — VIEIRA, Sofia L. *O discurso da reforma universitária.* Fortaleza. Edições Universidade Federal do Ceará, 1982.
155 — VOGEL, Arthur I. *Química analítica quantitativa.* Buenos Aires, Ed. Kapelarz, 1960, Vol. I e II.
156 — VOISIN, Marcel. *Bachelard.* Essai suivi de textes choisis. Bruxeles, Ed. Labor, 1967.
157 — WALTERS, Fred H. Provocative opinion — descritive inorganic chemistry — Who, what, when, where and how. *J. Chem. Ed.*
158 — WEINBERG, Alvin M. Scientific Teams and Scientific Laboratories. *Daedalus. 99.* (4): 1056-1075, 1970.
159 — WOOLLEY, R.G. Must a molecule have a shape? *J. Am. Chem. Soc. 100.* (4): 1073-1078, 1978.
160 — WULFSBERG, Gary. A Piaget learning-cycle laboratory approach to teaching descriptive inorganic chemistry. *J. Chem. Ed. 60.* (9): 725-727, 1983.
161 — YOUNG, Say A. *Practice in thinking a laboratory course in introductory chemistry.* 5th. ed. Englewood cliffs. Prentice Hall Inc. 1962.

NOTAS

1. Fala-se aqui da lei que positivou a *indissociabilidade* entre ensino e pesquisa como funções do magistério.
2. Usa-se a palavra "realista" no sentido bachelardiano. Com relação à proposta de Kekulé, transformada em método, a descrição do benzeno a esse nível do conhecimento, seria a de um anel com distâncias interatômicas diferentes.
3. Fala-se aqui da rapidez relativa do progresso da teoria. De fato, entre as teorias atômicas e moleculares do séc. XIX até a de Heitler-London em 1927, decorreram várias décadas. Em número muito menor de anos surgiram inúmeras teorias mais recentes a partir desse marco.
4. A proporção direta ou inversa é um fato aritmético.
5. Esse dado é o oficial a partir do C.F.E. Na verdade o doutorado da USP surgiu oficiosamente em 1938 (Vide Simão Matias — *Química Nova* — 7, 4, 195, 1985).