

INVESTIGAÇÃO EM DIDÁCTICA DA QUÍMICA: Problemática e Perspectivas

António Cachapuz¹

1. INTRODUÇÃO

1.1. RAZÕES DE UMA ABORDAGEM

De acordo com Sócrates “... the uninquiring life is not the life for man...”², síntese feliz de um dos legados que o filósofo ateniense nos deixou e sobre o qual assenta uma boa parte da tradição ocidental do pensamento crítico. Em termos Socráticos, o exercício deste exige mais do que a iniciativa e capacidade de procurar razões para um dado estado de coisas. Como a propósito refere Seigel (1980), “... a critical attitude demands not simply an ability to judge impartially but a willingness to so judge; even when impartial judgement is not in one’s self-interest”. É na complementaridade destes três atributos que reside um dos motores da construção da modernidade.

Para os investigadores, uma das consequências do legado Socrático é a responsabilidade intelectual de periodicamente se questionarem (individual/colectivamente) de um modo crítico sobre o sentido, âmbito e itinerários da sua área de investigação. Um tal processo de reflexão é um instrumento privilegiado que

1 António Francisco Carrelhas Cachapuz
Agregação no Grupo/subgrupo 02 - Educação (Didáctica da Química; Didáctica das Ciências)
Universidade de Aveiro, novembro de 1993

2 A citação foi retirada de um artigo de Furedy (1985) - abordando implicações educacionais do pensamento Socrático. Sobre o assunto consulte-se ainda Anderson (1961)

tem permitido levantar novas questões, antecipar dificuldades e inflectir percursos de pesquisa, ou seja, ajudar a construir uma dada área do conhecimento. Daí a sua importância.

No caso da investigação em Didáctica da Química³ (DQ), o momento pareceu-me apropriado para dar corpo a uma reflexão do tipo acima referido pela conjugação de três aspectos (aliás não independentes): reforma educativa em curso, discutível qualidade do ensino e da aprendizagem da Química, e necessidade de enveredar por novos percursos de investigação. Tendo em conta o papel privilegiado da investigação como instrumento e condição de progresso para um melhor ensino da Química (qualquer que seja o nível de ensino considerado), centrar-se-á a análise subsequente no último dos três aspectos referidos.

A) REFORMA EDUCATIVA

Vive-se hoje em Portugal um momento de reforma educativa (ensinos básico e secundário, nomeadamente) situação que por si só pode potenciar a Investigação em Didáctica da Química (IDQ). Acresce que tal reforma, e nomeadamente no que é já conhecido na sua vertente curricular, está longe de corresponder às expectativas que criou. Refiram-se nomeadamente: falta de clareza na sua concepção; incipiente sentido inovador das novas propostas; discutível coerência interna; duvidosa exequibilidade no que respeita à sua implementação (nomeadamente a questão central da Formação de Professores). Tal situação tem merecido não poucas críticas (ver p. ex. Gouveia, 1991) e por certo abre redobradas responsabilidades e exigências a nível da investigação didáctica no próximo futuro. Fica pelo menos a esperança que, também neste caso, não ocorram efeitos perversos frequentemente associados à inovação curricular e sintetizadas por Guy Claxton: “... much well-intentioned, thoughtful and expensive curriculum innovation seemed , time and again, to end up on the scrap-heap of good ideas that never took off, leaving science teachers, only too aware of the narrowness of the band of what they could count as their successes more confused than ever” (1991, p. vii).

³ Aqui entendida de acordo com a perspectiva construtivista (ver Giordan, 1989). Embora o âmbito da DQ incluindo, portanto, quer a dimensão investigação quer a dimensão formação (didáctica curricular) abranja qualquer nível de ensino, privilegiar-se-á aqui o nível não superior.

B) ENSINO E APRENDIZAGEM DA QUÍMICA

Continua a ser preocupante a discrepância entre o insucesso a nível das aprendizagens da Química (e das Ciências) pelos alunos e a justificada importância que é dada ao seu ensino nas sociedades modernas. Tal insucesso deve ser equacionado tendo em conta as variáveis escola e ensino que temos e não só o aluno individualmente considerado. Por exemplo, Fensham (1985) caracteriza o ensino tradicional que predomina nas escolas da seguinte maneira:

- a) it involves the rote recall of a large number of facts, concepts and algorithms that are not obviously socially useful;
- b) it involves too little familiarity with many of the concepts to enable their scientific usefulness to be experienced;
- c) it involves concepts that have been defined at high levels of generality among scientists without their levels of abstraction being adequately acknowledged in the school context, and hence their consequential limitations in real situations are not adequately indicated;
- d) it involves an essentially abstract system of scientific knowledge, using examples of objects and events to illustrate this system rather than those aspects of the science of factual phenomena that enables some use or control of them to occur;
- e) it involves life experience and social applications only as exemplary rather than as the essence of the science learning;
- f) the role of practical activity in its pedagogy is associated with the belief that this activity enhances the conceptual learning rather than being a source for the learning of essential skills;
- g) its content gives a high priority, even in biology to the quantitative, and in chemistry this priority is probably greater than it is for many practicing chemists;
- h) it leaves to the continued study of these disciplines at the tertiary level the balance, meaning and significance that is lacking in a) to g) (p.418-9).

Para quem, como o autor deste trabalho, acredita que o estudo da Química (e das Ciências) representa uma importante vertente da cultura que não deve ser perdida para gerações futuras, a discrepância acima assinalada é uma preocupação e um desafio. Em jogo está a possível contribuição do estudo da Química como parte integrante de uma educação científica visando uma melhor compreensão

do mundo natural e, através dela, promover o desenvolvimento intelectual dos jovens, capacitá-los para lidar com confiança situações problema, tomar decisões e estarem à vontade com a incerteza e a mudança. De acordo com Claxton (1991), “you cannot be born these days, in the industrialized world, without the aid of science, nor can you die” (p.1). Em jogo está também a compreensão dos processos de desenvolvimento científico/tecnológico das sociedades modernas, das suas vantagens e limitações, facilitando deste modo a inserção responsável dos jovens nessas mesmas sociedades. Se é certo que só uma minoria deles serão químicos, não é menos certo que os que usarão a Química como meros consumidores estarão em melhor condições não só de se adaptarem à mudança mas também de compreenderem melhor a natureza do projecto científico, argumento importante para a construção de sociedades tecnologicamente evoluídas que se querem abertas e democráticas. Finalmente, o estudo da Química tem sentido no quadro de uma formação especializada para os que dela precisam como área vocacional principal (ou conexas, p. ex. professores de Química). Deles depende o desenvolvimento de novas áreas do conhecimento como sejam, a Química do espaço e do cérebro (p. ex. neurotransmissores), a obtenção de novos recursos energéticos (nomeadamente a partir do hidrogénio), de recursos alimentares a partir dos oceanos, a síntese de novos materiais, construção de computadores moleculares..., questões previsivelmente a abordar/aprofundar no próximo século.

De um modo mais ou menos elaborado tais desideratos têm feito parte da retórica educacional recente. Em boa parte não têm passado disso mesmo: “... most of the goals that science teaching has been expected to accomplish over the years remain with us today” (De Boer, 1991, p. XIII).

O problema não é património exclusivo de um País. Na verdade, uma sua característica é precisamente o seu recorte internacional. Assim p. ex., Linn (1987) refere que, nos Estados Unidos, “the average graduate of our schools and colleges is not as well educated (em ciências) as the average graduate of 25 or 35 years ago” (p.192). Pennick e Yager (1986) referem que 53% dos estudantes de Ciências com 17 anos declaram que, “... science classes make me unhappy” e 86% consideram que “... things learned in science had nothing to do with the real world” (p.6). Em Inglaterra, chegou-se recentemente à conclusão que, após quatro anos de estudarem Química/Ciências e terem realizado centenas de experiências, mais de 50% dos estudantes com 15 anos eram incapazes de usar de um modo adequado instrumentos simples de uso no laboratório de Química/Ciências (APU, 1988).

Também em Portugal os indicadores existentes estão longe de ser optimistas. Em primeiro lugar, é preocupante a falta de percepção de um número substancial de alunos sobre a importância de aprender a Química. De acordo com Cachapuz et al. (1991) num estudo envolvendo 9089 alunos Portugueses, estariam naquela

situação cerca de 14% de alunos no fim de escolaridade obrigatória (9º ano), valor que sobe para cerca de 20% no caso de alunos do 11º ano e 12º ano sem Química. Mais preocupante ainda são as justificações dadas pelos alunos, como por exemplo: “... a Química é à base de cálculos e de experiências o que não é importante para o nosso dia a dia”, ou “... não temos conteúdo para aplicar na vida de cada um” (idem), De destacar ainda que, de acordo com os autores, 28,6% dos alunos (9º ano) declararam explicitamente não gostar de Química.

Em segundo lugar, persiste a deficiente compreensão de conceitos centrais da Química; predomina o operativismo na transferência de saberes envolvendo situações problema; persistem imagens negativistas da Química e da Ciência, bem como perspectivas redutoras sobre a natureza e construção do conhecimento (Química/Ciências) em particular no que respeita ao seu (pretensão) carácter não problemático ou pseudo existência de um método único e linear para chegar à verdade. A título ilustrativo, referem-se na Tabela 1 a apreciação feita por professores de Química (Física/Química) quanto ao grau de consecução (i.e., “razoavelmente elevado (RE) e “muito elevado (ME)) pelos seus alunos de quatro objectivos educacionais estreitamente relacionados com áreas problema acima referidas (Cachapuz et al. 1989) ⁴. Significativa é também a relevância relativa atribuída a tais objectivos pelos próprios professores no quadro do seu ensino. Os mesmos autores realçam ainda que, para 36% dos professores inquiridos, o “interesse reduzido dos alunos pela Física/Química” é referido como obstáculo importante na consecução dos objectivos supracitados. A “fotografia” obtida para o ensino Universitário vai aliás qualitativamente no mesmo sentido (ver p. ex. Actas do 2º Encontro de Didácticas e Metodologias de Ensino, Aveiro, 1991, ou ainda Actas do Colóquio “Química, encruzilhada de disciplinas”, Lisboa, 1991), embora naturalmente dizendo respeito a contextos de realização diferentes.

Tabela 1 - Percepção (%) dos professores de Física/Química (Portugal) sobre a relevância no seu ensino e respectiva consecução pelos seus alunos de alguns objectivos educacionais

Objectivo	8º e 9º ano de escolaridade		10º, 11º e 12º ano de escolaridade	
	Relevância (muito importante)	Consecução RE/ME	Relevância (muito importante)	Consecução RE/ME
Compreender factos e Conceitos da Física e da Química	71,0	41,0/13,5	82,5	41,0/15,5

⁴ O estudo envolveu 1954 professores de Física/Química de todas as escolas secundárias e C+S do continente ou seja, cerca de 30% do Universo respectivo; a amostra final era constituída por 521 professores.

Desenvolver capacidades de pesquisa adequadas à aquisição e desenvolvimento de um espírito científico (p. ex: espírito crítico, de observação, elaboração de hipóteses...)	81,5	36,5/4,0	82,0	23,0/6,0
Compreender o interesse, as implicações e as limitações da Física e da Química (aspectos éticos, culturais, económicos, sociais e tecnológicos)	33,5	17,0/1,5	38,0	19,5/4,0
Compreender o modo como a Ciência se desenvolve em particular o seu carácter problemático, a perspectiva dinâmica dos seus princípios e as características dos seus métodos	34,0	18,5/1,0	52,0	25,5/2,5

C) A IDQ E SEU IMPACTO EDUCACIONAL

Segundo Holland e Mansell (1983) toda a investigação tem de ser vista no contexto e perspectiva da disciplina a que diz respeito. No caso da IDQ, acontece que as expectativas sobre o seu papel no que respeita a um melhor conhecimento sobre o ensino e a aprendizagem da Química estão longe de ter tido até hoje respostas plenamente satisfatórias. Na verdade, não têm faltado nos últimos quinze anos críticas a propósito do reduzido impacto educacional da IDQ - i.e., sua influência no que e no como se ensina e se aprende a Química e de um modo geral da investigação em Didácticas das Ciências (ver p. ex. Frazer, 1978; Kempa, 1991; Yager, 1984). Este último autor refere que a reduzida influência da investigação nas práticas de ensino. "... probably explains the widespread disdain for educational research among science teachers and other school officials" (p.35). Sobre o assunto também me debrucei sucintamente há meia dúzia de anos (Cachapuz, 1986) justificando então que, "o problema não é de agora (o que nem por isso o torna menos gravoso) e dado o investimento em recursos e expectativas a questão exige aturada e alargada reflexão" (p.71). Pelos vistos, o tema conserva a sua actualidade parecendo ser suficientemente importante para servir de mote a recentes e prestigiadas conferências internacionais ("International Conference: Science Education in Developing Countries: from theory to practice", Israel, Janeiro 1993), indicador seguro de que o seu carácter problemático se mantém.

Se é verdade que a relevância e persistência do problema referido é razão de legítima preocupação, não está em jogo o potencial gerador de mudanças que

cabe à IDQ mas tão só em que condições e sob que formas pode ela contribuir para minimizar tensões existentes, em particular tendo em atenção os pontos a) e b) acima referidos. Argumento bastante para abordar detalhadamente a questão do impacto educacional da IDQ no que se segue privilegiando uma perspectiva de reflexão sobre a construção do saber.

1.2. FINALIDADE DO ESTUDO

A maneira de abordar um dado tema de estudo depende quer das intenções que marcam essa decisão quer dos significados atribuídos ao objecto de estudo. Por isso mesmo, dois pontos merecem ser previamente esclarecidos.

Em primeiro lugar, o problema do impacto educacional da investigação não deve ser perspectivado no quadro reducionista da investigação fundamental/aplicada⁵, mas sim como a procura de um novo estado de equilíbrio dinâmico entre a teoria e a prática. Refira-se aliás que o problema em questão não é só de índole educacional como à primeira vista os argumentos sugerem. Ele também o é de natureza epistemológica uma vez que da capacidade da DQ resolver com sucesso problemas surgidos no ensino e na aprendizagem da Química depende em boa parte o aprofundamento e viabilidade do seu quadro teórico e, portanto, a sua maturação enquanto área disciplinar. É o que von Glasersfeld chama figurativamente de “goodness of fit with experience” (1983), ou seja, a questão do conhecimento contingente.

Em segundo lugar, embora a IDQ seja um instrumento e condição de progresso não deve ser entendida como panaceia. Dada a natureza, diversidade e complexidade das questões referidas sobre o ensino e aprendizagem da Química, necessário se torna harmonizar a investigação com intervenções a nível macro-educativo nomeadamente: repensar o conceito de Escola que temos (p. ex., torná-la mais interessante para alunos e professores, recuperar um certo sentido de comunidade que se perdeu, minimizar o seu papel histórico de lugar de conhecimento descontextualizado, procurar alternativas à actual atomização dos saberes em função do horário escolar), ou ainda melhorar as condições materiais de trabalho e estudo de docentes e discentes. A contribuição que a IDQ pode dar é porventura mais modesta.

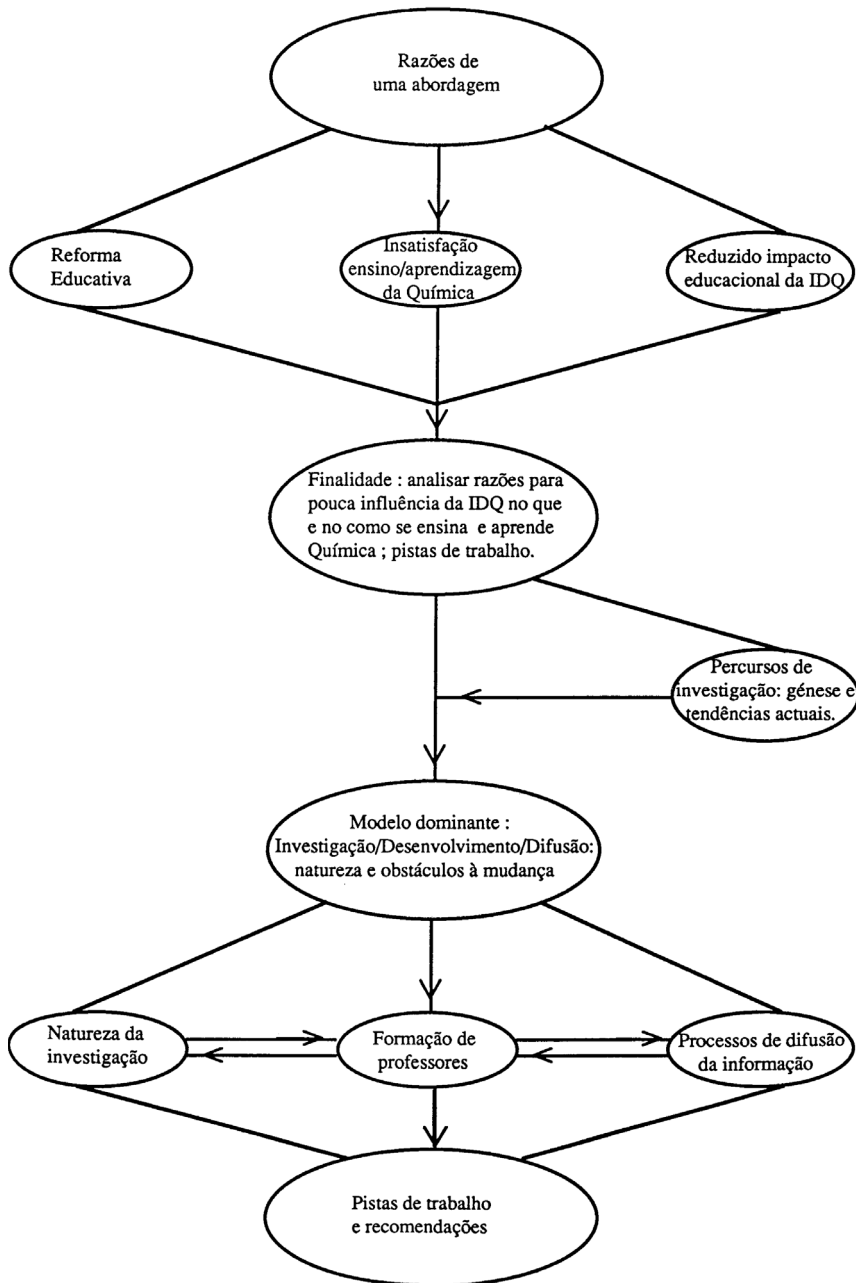
⁵ Reducionista, porque as fronteiras entre tais polaridades são frequentemente pouco nítidas qualquer que seja a área de investigação (ver p. ex. o renovado interesse das propriedades supercondutoras de materiais com o advento da “Química do espaço” referido por Mc Donough, 1987, no capítulo “Orbital Alchemy”).

Segundo Hewson (1981), a aceitabilidade das novas ideias passa necessariamente por quatro critérios a saber: (i) existência de insatisfação em relação à compreensão do assunto a que dizem respeito; (ii) as novas ideias devem ser inteligíveis isto é, os seus potenciais utilizadores devem ser capazes de construir acerca delas uma representação coerente; (iii) as novas propostas devem ser plausíveis ou seja, devem ser susceptíveis de uma incorporação racional na compreensão existente sobre o assunto em estudo; (iv) as novas ideias devem ser úteis, isto é, devem ser capazes de resolver problemas existentes. No meu entender, e na fase actual, é sobretudo o último dos aspectos que constitui a pedra de toque da IDQ, isto é a sua capacidade em dar respostas adequadas às questões postas pelos professores sobre como melhorar o ensino e a aprendizagem da Química. É neste desiderato que entronca a lógica da reflexão que se apresenta.

De acordo com este sistema de referências, definiu-se como objectivo central deste estudo identificar e analisar razões que expliquem o reduzido impacto educacional da IDQ bem como sugerir pistas de trabalho e recomendações tendo em vista melhorar um tal estado de coisas.

No que respeita à organização do trabalho, pareceu oportuno num primeiro tempo contextualizar melhor a natureza do tema sobre que vai recair a análise. Assim, apresenta-se no capítulo seguinte uma visão sinóptica sobre percursos de investigação em DQ, incluindo uma breve nota de índole histórica sobre a sua génese, no estrangeiro e em Portugal. Exemplificam-se também temas típicos da IDQ e apresenta-se uma análise sucinta de quatro das suas principais características. No Capítulo 3, descreve-se o modelo dominante de articulação investigação/ensino, sua filosofia e inter-relações entre os diferentes sub - sistemas. Analisam-se em seguida três potenciais obstáculos a um maior impacto educacional da IDQ, nomeadamente a nível da natureza da própria investigação, formação de professores e processos de difusão da informação, sugerindo-se intervenções capazes de minimizar tais obstáculos. Dado o carácter das provas académicas em que este trabalho se insere, são referidas contribuições dadas pelo autor quando pertinentes (e sem que o trabalho se transforme num “ relatório de curriculum”). Finalmente, nas Conclusões, faz-se um balanço crítico do estudo, incluindo as suas limitações, e sugerem-se cinco recomendações tendo em vista melhorar a influência da IDQ no que e no como se ensina e se aprende Química, com destaque para o papel a desempenhar por projectos de investigação-acção. Para melhor compreensão da estrutura global do estudo, apresentam-se no Diagrama 1 quais os conceitos centrais abordados suas inter-relações e faseamento respectivo.

Diagrama 1 - Estrutura do trabalho



2. PERCURSOS DE INVESTIGAÇÃO

2.1. GÉNESE DA IDQ

Até aos anos 60 a IDQ era quase inexistente, o mesmo se podendo dizer a nível de outras didácticas específicas na área das ciências. Não tinha, pois, sentido atribuir à DQ o estatuto disciplinar mas tão só o de uma actividade (ensino) por certo socialmente relevante mas a que, numa perspectiva Toulmiana, faltavam ideais explicativos. A concepção dominante da DQ era então a de “arte de ensinar” baseada no talento natural de alguns e no conhecimento tácito com raízes na experiência de ensino e em juízos impossíveis de codificar (concepção não completamente ultrapassada).

Tal como noutras áreas do conhecimento a investigação desenvolveu-se quando foi preciso resolver problemas de ordem prática, no caso vertente, a necessidade de superar “crises” no ensino e na aprendizagem da Química. O modo como tal problema foi percebido e as diferentes soluções tentadas influenciaram de modo decisivo percursos posteriores seguidos pela investigação. O diagrama 2 esquematiza a génese da IDQ, nomeadamente nos Estados Unidos da América (EUA) e Reino Unido (RU) países onde ela se iniciou ⁶ e em Portugal. Como traço característico assinala-se desde logo a sua juventude.

Como se sabe, no caso dos E.U.A. e R.U. os projectos de desenvolvimento curricular⁷ tiveram lugar no dealbar dos anos 60 (o primeiro projecto “Nuffield O-level chemistry” data de 1962) e incidiram sobretudo no ensino secundário (posteriormente foram estendidos ao ensino básico). Historicamente, a lógica de tais projectos assentou em referenciais sócio - políticos, em particular na necessidade sentida por esses países de contrabalançar a perda de confiança no domínio científico/tecnológico devido ao lançamento pela então URSS do primeiro Sputnik em Outubro de 1957. Pela mesma razão aliás a década de 60 foi prenhe de maciços investimentos a nível de investigação científica e tecnológica. Tratava-se então de mudar um certo estado de coisas que, no caso do ensino da Química/Ciências, passava por uma melhoria na sua qualidade e no maior acesso que a ele deviam ter os jovens de então. Embora de um modo simplista, pode dizer-se que, “compared with today, science education in the 1950s was a small - scale business, organized by a small number of highly dedicated teachers of chemistry, biology and physics whose horizons

⁶ Embora correndo o risco de algum reducionismo Didáctica da Química é aqui considerada como equivalente a “Chemical Education”.

⁷ Para uma análise circunstanciada de tais projectos, ver p. ex. Hurd (1969) e De Boer (1991).

were limited by the tight demands of the subject disciplines and the particular needs of University science departments. Science education had no significant role in general education, and large numbers of pupils left school without an adequate background of science studies” (ASE, 1979, p.12). A nível universitário, “... in 1957 there were 24 universities in the UK (menos de metade das actualmente existentes) providing advanced educational opportunities for only 3.9% of 18 years-olds” (p .11). Estávamos, portanto, ainda longe da massificação actual do ensino superior. No que respeita aos métodos de ensino de então, Brian Osborne (1992) acrescenta: “Science teaching was principally content based. The pupil was fed a diet of facts and theory, livened up with practical work which may or may not have been related to the classroom lessons... Whilst less common today such methods were often enjoyed by the more able pupils and led to successful external examination results. It has to be remembered that pupils in the fifties were much more acquiescent, came from more stable home backgrounds, had not been exposed to pop culture, and watched little TV” (p.7).

Em termos globais, as novas propostas curriculares enfatizando o conceito do “aluno-cientista” - daí a forte tónica no ensino dos processos da ciência no contexto valorizado do trabalho experimental - foram favoravelmente acolhidas por muitos professores e escolas. No entanto, o seu impacto educacional ficou aquém das expectativas dos seus promotores. Tratava-se de projectos de “banda estreita”, i.e., devido à dificuldade das propostas curriculares só alunos academicamente mais dotados (20% a 30%) puderam delas tirar partido (o caso do Projecto “Nuffield O-level chemistry” é a esse título paradigmático). O relativo insucesso das novas propostas catalizou uma profunda reflexão sobre os pressupostos de ordem epistemológica, sobre a natureza da aprendizagem e objectivos educacionais permitindo a médio prazo reequacionar o que estava em jogo no ensino da Química. Aparentemente não chegava preparar cuidadosamente “packages” curriculares, ou seja, “inputs” educacionais sem referência aos saberes do aluno para que aprendizagens significativas tivessem lugar. Compreendeu-se melhor que estas podem implicar a reestruturação do conhecimento (e não somente o acréscimo de informação), casos nomeadamente de primeiros encontros dos alunos com conceitos com referenciais empíricos, não sendo em tais casos suficiente prover simplesmente os alunos com a informação correcta. Ou seja, estabeleceram-se melhor critérios de demarcação entre o ensino e a aprendizagem. Tais argumentos vão facilitar o desenvolvimento, sobretudo nos anos 80, do projecto construtivista da Didáctica da Química (dele se falará com mais detalhe em 2.2). A nível dos próprios conteúdos, houve que os tornar menos académicos (sobretudo

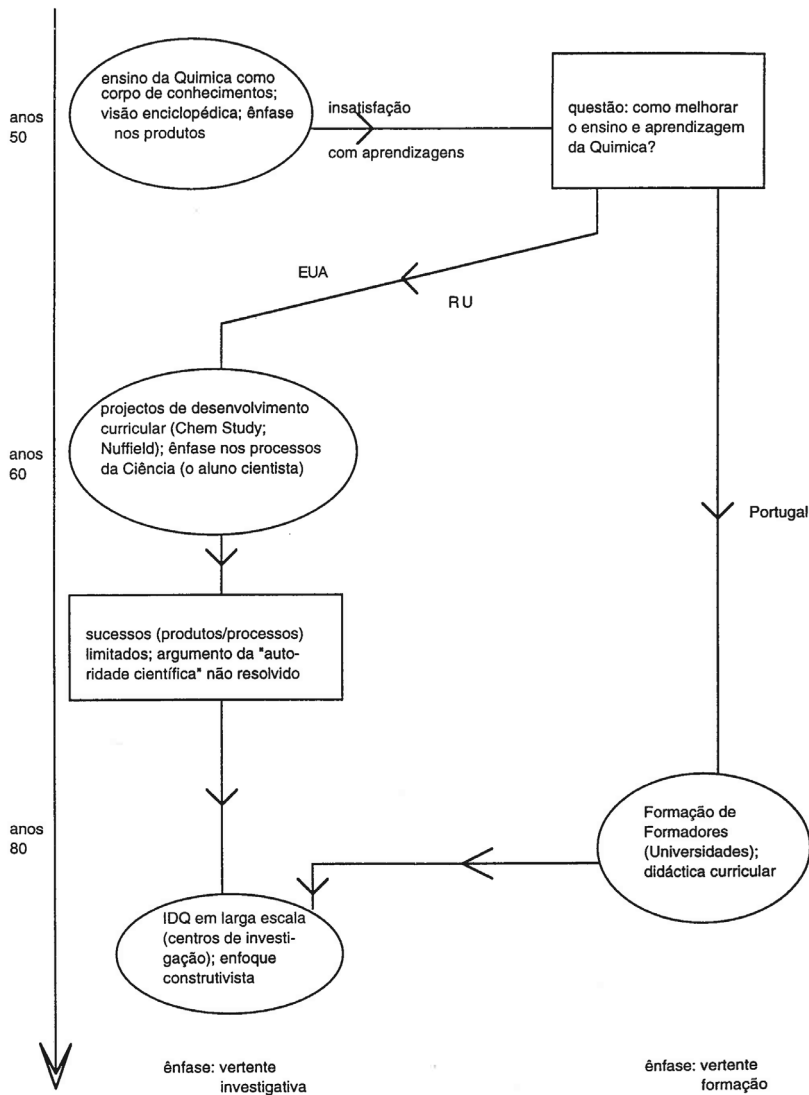
no ensino obrigatório) dando maior realce ao estudo de interfaces Ciência (Química)/Tecnologia/Sociedade. De notar que a prioridade continuou a ser a inovação curricular e não a formação de professores; no essencial, estes seriam meros “consumidores” de um produto acabado (o currículo) que, desde que adequado, só podia levar a bons resultados (sobre o assunto ver Yager, 1984).

Em Portugal, o cenário em que, a IDQ se desenvolveu foi consideravelmente diferente. Teve de esperar-se mais de uma década para que, com o (tímido) desbloqueamento das condições sócio-políticas do Marcelismo, o início da massificação do ensino (básico) e a consequente necessidade de formação de professores tenha suscitado iniciativas a nível institucional (ver nomeadamente a chamada reforma Veiga Simão e criação de ramos educacionais das Faculdades de Ciências). A criação nas chamadas Universidades Novas de Bacharelatos/Licenciaturas em ensino com disciplinas de Didáctica/Methodologia de Ensino da Química (já próximo do 25 de Abril de 1974) e em resposta a crescentes carências a nível da formação de professores, mais não fez do que reforçar a necessidade da formação de didactas para assegurarem a docência daquelas disciplinas curriculares. É, pois, através da componente formação da DQ (e não pela sua componente investigação) que a DQ vai ter o seu ponto de partida em Portugal.

De que maneira é que os diferentes percursos referidos no Diagrama 2 influenciaram desenvolvimentos subsequentes da DQ? A resposta é complexa sendo, no entanto, possível apontar tentativamente dois aspectos.

Em 1º lugar, a investigação directamente articulada com projectos de desenvolvimento curricular, embora com (inevitável) pouca profundidade teórica, teve um pendor mais orientado para os problemas da sala de aula, p. ex. a construção e validação de novas experiências. Segundo Kempa (1976), “... perhaps the major achievement of empirical, curriculum - oriented science education research is that it has led to the establishment of sound patterns and techniques for the conduct of developmental activities involving not only the generation of new educational materials and procedures, but also their systematic try outs and formative evaluation” (p.98). Estes foram bons pontos de partida para posteriores projectos curriculares claramente inovadores e de que o exemplo mais recente é o projecto SALTER da Universidade de York. Também foi possível desenvolver bases empíricas necessárias à construção do projecto científico da DQ, ou seja, acelerar a sua maturação como disciplina de interface cujo objectivo central é melhorar o ensino e a aprendizagem da Química. Em Portugal, devido em parte aos constrangimentos inerentes à obtenção de graus académicos e posterior progressão na carreira Universitária, privilegiaram-se projectos de investigação mais académicos (situação extensiva a outras Didácticas das Ciências). De assinalar ainda a relação estreita desses

Diagrama 2: Génese da IQD



projectos com a problemática da Formação de Professores, traíndo porventura a origem dos investigadores neles envolvidos.

Em 2º lugar, o desenvolvimento de projectos de desenvolvimento curricular nos EUA e RU obrigou à constituição de equipas multidisciplinares,

envolvendo nomeadamente químicos e didactas⁸, o que permitiu uma saudável confrontação de formações, enfoques e metodologias que, em última análise, facilitaram o enriquecimento do campo de estudo. Foi também mais fácil estabelecerem-se laços de confiança pessoais e profissionais, condição indispensável para o desenvolvimento de futuros projectos comuns. Em Portugal, o processo seguido na formação de especialistas não facilitou a constituição de tais equipas. Também o número reduzido de doutorados (cerca de 1/ano a partir de 1980)⁹ e sua dispersão pelo País põe limites à natureza da investigação a desenvolver. A resposta que tem sido encontrada, tem passado pela constituição de equipas com docentes de várias instituições e/ou áreas conexas à DQ, bem como pelo desenvolvimento de projectos de investigação-acção com professores do ensino secundário. Esta última via, permitindo mais facilmente explorar sinergias entre as componentes investigação/formação da DQ, é provavelmente uma das chaves do desenvolvimento futuro desta disciplina.

2.1. TENDÊNCIAS ACTUAIS

Um quarto de século após o seu início, o saldo global que é possível traçar para a investigação em Didáctica da Química é claramente positivo:

- (a) A investigação sofisticou-se, pautando-se por valores de qualidade e exigência comparáveis aos de outras áreas de investigação. Também se internacionalizou acompanhando um fenómeno típico da investigação actual (ver pex. Mariano Gago, 1991).
- (b) Novos jornais e revistas surgiram, quer no âmbito da DQ quer de áreas conexas, e de que “Science and Education” com início em 1992, é o exemplo mais recente.
- (c) Prestigiadas conferências internacionais têm regularmente lugar, caso p. ex. das Conferências Internacionais em “Chemical Education”, promovidas no quadro da I.U.P.A.C, a última das quais (a 12^a) teve lugar em 1992. Refira-se a título indicativo que o primeiro Encontro Internacional sobre Educação em Química que a Sociedade Portuguesa

8 A intervenção de teóricos da educação foi relativamente restrita. Notáveis excepções são os casos de Joseph Schwab (teoria curricular) e Jerome Brunner (psicologia). É em boa parte a eles que se deve o conceito de “aprendizagem por descoberta”, intimamente ligado ao desenvolvimento dos projectos Chem Study e Nuffield.

9 Tais valores estão ainda distantes (cerca de 1/5) dos seus homólogos em áreas de investigação da Química bem estabelecidas em Portugal (ver p. ex. Lobo, 1992; Pedrosa, 1992).

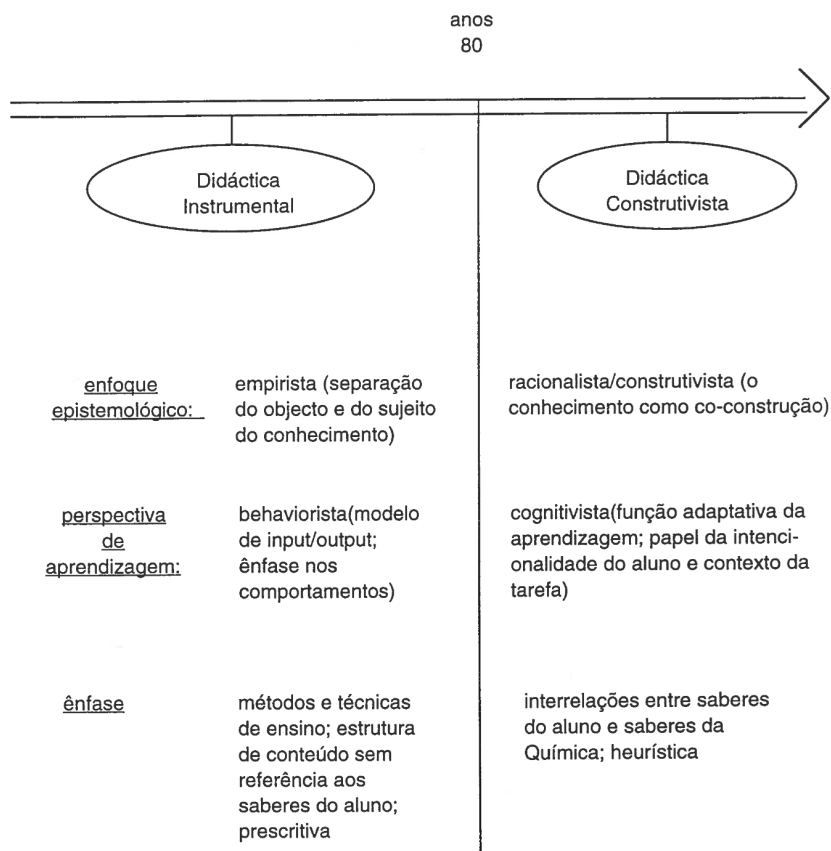
de Química (SPQ) realizou data de 1978, tendo desde então sido frequente encontros desse tipo com o apoio da SPQ.

- (d) A dimensão da produção científica atesta bem a vitalidade da área de investigação. Só no domínio das concepções alternativas dos alunos, domínio de ponta da IDQ, publicaram-se cerca de 200 trabalhos de investigação entre 1980/90 (ver recensão de Pfundt and Duit, 1991).

No essencial, a natureza da IDQ que se desenvolveu pode ser perspectivada à luz de dois discursos didácticos aqui designados por Didáctica Instrumental e Didáctica Construtivista. Cada um desses discursos (ver Diagrama 3), reflecte posições teóricas divergentes em particular no que respeita à construção do conhecimento e sobre a natureza do processo de aprendizagem. Assim, à Didáctica Instrumental, concepção tradicional, interessa sobretudo encontrar “la bonne recette”¹⁰ (Giordan, 1989) a nível das práticas de ensino. Daí a sua ênfase nos métodos e técnicas de ensino e o ter eleito como questão típica, qual o melhor método de ensino de um dado conteúdo da Química. Os resultados obtidos nesse quadro didáctico são dificilmente generalizáveis porque demasiado dependentes de contextos locais de realização (carácter empírico). Ou seja, toma-se difícil racionalizar as acções que propõe tendo em conta o que se passa ao nível dos próprios alunos (como sujeitos e não como objectos do conhecimento). Por isso mesmo, desde o fim dos anos 70, a Didáctica Instrumental é um projecto em regressão. Demarcando-se desta concepção, o que preocupa prioritariamente a Didáctica Construtivista, “...n’est pas la matière, ni l’enseignant, c’est la réflexion sur les façons d’apprendre des élèves, les dépistages des obstacles et leur résistances à changer des conceptions.” bem como “... le quoi enseigner, c.a.d. les objectifs éducatifs mais sur ce point elle donne priorité... à l’élève particulier... elle (a Didáctica) peut proposer une palette de possibilités éducatives (p. ex. grille d’analyse des conceptions des élèves) lá où chaque enseignant tend à n’envisager qu’une voie unique, un cheminement obligé...” (Giordan, 1989, p.20). É neste sentido que o discurso da Didáctica Construtivista evolui no sentido mais heurístico. E é também ao interessar-se por estabelecer novas relações entre os saberes do aluno e os saberes da Química que a Didáctica se demarca definitivamente da Pedagogia para quem os conteúdos da(s) disciplina(s) nunca foram preocupação.

10 De acordo com Alarcão (1991 a) esta é uma expectativa que já aparece difundida entre os alunos-futuros professores (formação inicial) a nível da Didáctica curricular.

Diagrama 3: Concepções em confronto da DQ e sua dominância temporal



Com a crescente afirmação do novo “paradigma” didáctico, novas questões de investigação se colocaram, novas metodologias e técnicas de investigação se desenvolveram e os próprios critérios de racionalidade evoluíram. No Quadro 1 apresenta-se uma visão sinóptica de contributos¹¹ da IDQ que permitiram um melhor conhecimento sobre o ensino e a aprendizagem da Química. Os temas apresentados foram tentativamente sistematizados em quatro¹² grandes áreas consoante a ênfase dos estudos. Alguns dos temas (p. ex., linguagem e comunicação na sala de aula) são comuns a outros ramos de investigação

11 Com base em revisões da literatura e artigos de posição com destaque para Fensham (1983); Kempa (1991); Kornhauser (1979); Linn (1987) e Welch (1984).

12 Não se incluíram estudos tendo por objecto os próprios métodos e técnicas de investigação. Sobre o assunto ver p. ex. Pines et al. 1978; Sutton (1980).

educacional. Temas como o trabalho experimental ou avaliação da aprendizagem não são específicos de nenhuma das duas concepções Didácticas acima referidas, situação que reflecte o carácter pre-paradigmático da disciplina. Outros temas há em que isso já não acontece, p. ex. dificuldades de aprendizagem.

A leitura do Quadro 1 sugere vários comentários.

- (i) Embora a intenção não tenha sido esgotar o campo de estudo, é possível apreciar a vastidão do caminho já percorrido. O argumento não é só importante enquanto índice de produtividade científica; deixa antever a riqueza acumulada no que respeita a bases empíricas que ajudem a construir o projecto científico da DQ.
- (ii) Como era de esperar, os progressos obtidos nos vários domínios focados, seguiram frequentemente cinéticas diferenciadas. Alguns deles são tão ricos que escondem na verdade várias linhas de investigação em curso (caso p. ex. estudo de estratégias de ensino para a mudança conceptual). Outros há (p. ex. estudo de atitudes dos alunos), cujo desenvolvimento é mais problemático já que existem dificuldades quer a nível teórico (falta de consenso sobre a natureza dos construtos) quer a nível metodológico (problemas de “medir”, p. ex. espírito crítico ou julgamento suspenso).
- (iii) A esmagadora maioria da investigação situa-se a nível do ensino não superior. Reconhecidas excepções a esta tendência são o uso de novas tecnologias da informação e também o estudo da resolução de problemas. Esta sem dúvida uma característica da IDQ a merecer uma maior atenção por parte dos investigadores no próximo futuro.
- (iv) Embora seja difícil estabelecer uma medida objectiva de impacto educacional da IDQ, é possível pôr em evidência diferenças substanciais a esse respeito entre alguns domínios de investigação. Por exemplo, a crescente versatilidade e potencialidade dos microcomputadores (na sala de aula e/ou laboratório) já introduziu modificações consideráveis no que e no como se ensina a Química (ver p. ex. Actas da “Tenth International Conference on Chemical Education”, 1989). Bem mais problemática é a exploração pelos professores de resultados da investigação sobre p. ex. estilos cognitivos dos alunos ou resolução de problemas de Química. O argumento é tanto mais pertinente quanto o impacto educacional varia neste caso na razão inversa da antiguidade da investigação. Tais insucessos devem, pela importância do que está em jogo, levar-nos a reflectir criticamente sobre a natureza do que se faz e não deixar comodamente a condicionamentos externos (condições de trabalho, ...) o ónus dos nossos insucessos. Por outras palavras, há que adaptar o princípio básico

defendido por Popper (1988) de que, “... para aprender a evitar tanto quanto possível os erros, temos que aprender precisamente com eles” (p.182). É da aplicação desse princípio à IDQ que trata o capítulo seguinte.

Quadro 1: Exemplos de contributos da IDQ

Área (ênfase)	Temas
ALUNO	<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldades de aprendizagem ex: concepções alternativas de alunos; resolução de problemas (Frazer, 1982) - Atitudes em relação à Química ex: relevância e implicações (Ormerod, 1977) - Características dos alunos ex: relação entre perfil de motivação e modo de instrução (Kempa and Martin, 1990) - Avaliação da aprendizagem ex: métodos e técnicas de avaliação (Kempa, 1986)
PROFESSOR	<ul style="list-style-type: none"> - Concepções dos professores sobre a natureza da Ciência ex: estudos de orientação epistemológica (Rowell and Cawthron, 1982) - Características do professor ex: estilos de ensino (Eggleston et al. 1976) - Construção do pensamento do professor ex: estudos sobre epistemologia das práticas (Wallace and Londen, 1992) - Formação inicial/contínua de professores ex: estratégias de formação (Seddon, 1991)
CURRICULUM	<ul style="list-style-type: none"> - Objectivos educacionais ex: novos objectivos e enfoque construtivista (Fensham, 1983) - Ciência/Tecnologia/Sociedade ex: modelos curriculares/Química (Jenkins, 1989) - Trabalho experimental ex: uso de modelos de processamento da informação (Jonhstone and Wham, 1982) - Desenvolvimento Curricular ex: modelo construtivista (Driver and Oldham, 1986)
SALA DE AULA	<ul style="list-style-type: none"> - Estratégias de ensino para a mudança conceptual ex: estequiometria e reações químicas (Mitchell and Gunstone, 1984) - Novas tecnologias e individualização do ensino ex: a Tabela Periódica (videodisco) (Projecto Seraphim) - Linguagem e comunicação ex: linguagem e formação de conceitos (Maskill, 1988) - Comportamentos do professor na sala de aula ex: práticas exemplares de ensino (Garnett and Tobin, 1988)

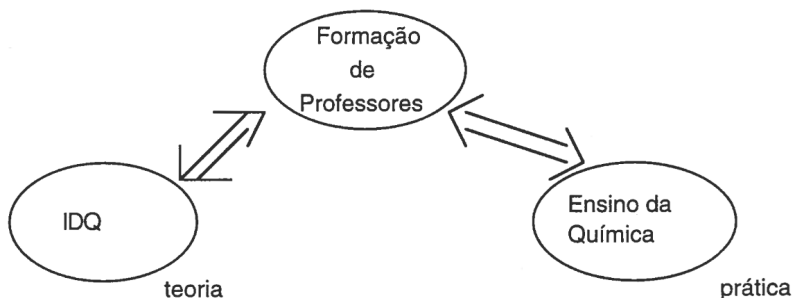
3. ARTICULAÇÃO INVESTIGAÇÃO/ENSINO

3.1. MODELO DE TRABALHO

Uma maneira possível de analisar o reduzido impacto educacional da IDQ é estudar o modo como a articulação investigação/ensino se processa em termos de sistema, esclarecendo a natureza, condições e limites de tal articulação.

O modelo dominante de articulação IDQ/ensino da Química é representado no Diagrama 4 sendo desde logo de realçar três características: o ser um sistema aberto, atributo que lhe advém da transferência da informação de e para o exterior devido à própria natureza dos sub - sistemas que o integram; a complexidade, resultante de múltiplas interacções entre tais sub - sistemas e também entre estes e o exterior (social, económico, cultural,...) onde ele se insere e actua; o dinamismo, aspecto que tem lugar quer devido a processos endógenos ao próprio sistema quer como resposta a perturbações do exterior. Em termos organizativos, o modelo segue, no essencial, uma lógica do tipo IDD, {Investigação/Desenvolvimento/Difusão}, semelhante à usada com o sucesso que se sabe em áreas do conhecimento altamente estruturadas como as ciências da natureza. A adopção do modelo IDD está, no entender de Carr e Kemmis (1986), ligada ao “boom” dos projectos de desenvolvimento curricular dos anos 60 (ver Capítulo 2).”As academic researchers in the social sciences began to enjoy unprecedented support from public funding bodies, they began to distinguish the work of the theorist-researcher from that of the ‘engineer’ responsible for putting theoretical principles into practice. The rising tide of post Sputnik curriculum development, based on a research-development-diffusion (RD and D) model of the relationship between research and practice, legitimated and sustained this separation ... By the mid-1960s, (this) model had established itself as the pre-eminent model for change” (p.166).

Diagrama 4: Modelo dominante de articulação investigação/ensino



A filosofia subjacente ao uso deste modelo dualista é de que, no essencial, a teoria determina a prática, embora uma e outra estejam temporalmente e espacialmente desligadas. Em termos sociológicos, o controlo do conhecimento cabe, no essencial, ao investigador. É ele que escolhe as questões de investigação, as metodologias de trabalho e as condições e critérios de realização. O investigador aparece, pois, como exclusivo produtor do conhecimento. Aos professores, como agentes de mediatização, cabe vestir o papel de consumidor desse conhecimento, quais “engenheiros de produção” cuja missão é levar à prática o conhecimento teórico. Neste sentido o modelo é de racionalidade técnica¹³ em que, de acordo com Schon (1987), se trata “... the application of privileged knowledge to instrumental problems of practice” (p. xi).

De acordo com estes argumentos parece importante analisar em primeiro lugar questões relativas à natureza da investigação levada a cabo/em curso. Em seguida, há que abordar o processo de articulação propriamente dito, em particular os agentes da mediatização (professores) já que, se as propostas inovadoras não forem compreendidas e assumidas pelos professores o seu impacto educacional fica irremediavelmente comprometido. Finalmente, interessa esclarecer qual a natureza e adequabilidade dos mecanismos tipicamente usados para a circulação da informação, i.e., processos de difusão.

3.2. NATUREZA DA INVESTIGAÇÃO

Dois tipos de razões podem explicar o essencial das dificuldades encontradas a este nível.

- (i) Discutível relevância educacional das questões de investigação, em particular o seu frequente carácter atípico no que respeita ao ensino da Química em situações de sala de aula; tradução problemática dos resultados em termos de estratégias de ensino.
- (ii) Uso de metodologias de investigação nem sempre suficientemente elaboradas, em particular ao nível da representatividade das amostras, o que dificulta a generalização dos resultados; estudos limitados no tempo, nomeadamente falta de estudos longitudinais dificultando uma apreciação evolutiva do objecto de estudo; formatos de investigação do tipo psicométrico em que frequentemente a validade externa (educacional) é sacrificada à validade interna; dificuldades

¹³ Sobre o debate, racionalidade técnica/racionalidade prática, no contexto da formação de professores ver Alarcão e Moreira (1993).

na construção de instrumentos de medida estandarizados que, a exemplo das ciências da natureza, permitam uma avaliação comparativa dos resultados; congruência a nível epistemológico entre o enfoque teórico de uma dada investigação e os métodos de investigação usados nem sempre assegurada.

Estes aspectos podem ou não intervir em simultâneo e têm implicações a nível da inteligibilidade e/ou plausibilidade e/ou utilidade das propostas feitas. A título ilustrativo apresentam-se a seguir três exemplos típicos da Didáctica construtivista, relativos à área das Dificuldades de Aprendizagem dos alunos: o primeiro, sobre estudos de índole Piagetiana; o segundo, sobre a utilização de redes semânticas para a representação de estruturas cognitivas dos alunos; o terceiro, sobre inovação curricular com base no Movimento das Concepções Alternativas. Tais exemplos podem enquadrarse tentativamente em três categorias de acordo com a relevância educacional das questões em estudo e facilidade de tradução teoria/prática.

3.2.1. EXEMPLO 1: DISCUTÍVEL RELEVÂNCIA EDUCACIONAL DE QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO; TRADUÇÃO TEORIA/PRÁTICA É PROBLEMÁTICA

Cai neste âmbito grande parte da IDQ com base no modelo Piagetiano de desenvolvimento cognitivo. Esta massiva linha de investigação (a que aliás Piaget é estranho como agente), para alguns considerada como um verdadeiro paradigma de investigação, influenciou conhecidos projectos de desenvolvimento curricular (p. ex. “Science Curriculum Improvement Study” (SCIS) e o “Science 5/13”). Foi particularmente saliente nos anos 70, mas encontra-se hoje em regressão, em particular estudos com base nos estádios de desenvolvimento cognitivo propostos pelo epistemólogo de Genève. Na verdade, a nível teórico, a validade das estruturas lógico-matemáticas propostas para explicar a natureza do desenvolvimento cognitivo é hoje matéria controversa sendo agora mais claro que nem todos os esquemas formais de pensamento se adquirem simultaneamente, para o mesmo ou diferentes indivíduos. Desenvolvimentos posteriores quer da psicologia cognitiva quer da investigação didáctica (Brown and Desforges 1977; Gilbert, 1982; Novak, 1978; Watson and Laird, 1972), puseram em evidência incontornáveis influências no desempenho de uma dada tarefa do seu conteúdo e familiaridade, para além da sua estrutura lógica. Em particular, tal influência parece ser substancialmente mediatizada por concepções intuitivas do aluno em relação a um dado conteúdo. Por outro lado, e a

nível prático, a investigação deu sobretudo respostas pela negativa às questões educacionais postas, isto é, enfatizou mais o que o aluno não pode aprender, devido a supostos desfazamentos com um dado estágio de desenvolvimento cognitivo, do que é que ele pode aprender e como ajudar o professor a fazê-lo. Dado não existir tal coisa como desenvolvimento cognitivo “médio”, fica de pé o problema metodológico de como vão os professores de Química identificar o estágio de desenvolvimento cognitivo de cada aluno no dia a dia do seu ensino. Excepto provavelmente no que respeita a estudos incidindo sobre modelos de ensino com base no chamado “learning cycle” (ver Abraham and Renner, 1985), separou-se desenvolvimento cognitivo e instrução quando na verdade bem mais promissor teria sido/é explorar a interacção entre esses dois aspectos; tal como propõe Vigotsky (1962), a instrução promove desenvolvimento cognitivo que por sua vez torna a instrução possível a outro nível. Deste modo, o impacto educacional da investigação de índole Piagetiana foi reduzido. Aos professores pouco mais lhes resta do que eliminar o tema em estudo ou retardar o seu ensino até que os alunos tenham atingido o estágio de desenvolvimento adequado, não faltando quem afirme que se corre o risco das próprias “childrens’ thinking abilities are underestimated” (Donaldson, 1978). No essencial, a investigação de índole Piagetiana teve sobretudo interesse para a Psicologia e ilustra aquilo a que Erickson (1985) chamou de “Theory-driven studies... conducted by researchers in a disciplinary field such as psychology or linguistics who find science concepts or the science classroom to be a convenient context contributing to the validity of their work” (p.16). O maior mérito educacional de estudos de índole Piagetiana foi (e não foi pouco) ter posto em cheque a noção instrumentalista de curriculum como um corpo de conhecimentos sem referência ao aluno que é suposto aprendê-lo, oferecendo em contrapartida uma visão construtivista do conhecimento e da aprendizagem¹⁴ Alertou assim professores e construtores de curricula para o alto grau de abstracção de conceitos centrais da Química, casos notórios de “reacção química” e “elemento” cujo ensino formal é frequentemente proposto nos anos introdutórios (em Portugal, 8º/9º anos de escolaridade). Refira-se finalmente que o essencial da linha de investigação Piagetiana se limitou aos ensinamentos básico e secundário por imperativos teóricos do próprio modelo já que seria aí que os desfazamentos entre aluno/curriculum seriam mais notórios.

14 A nível da metodologia da investigação, registre-se ainda a contribuição dada no que respeita à sofisticação da técnica da entrevista clínica.

3.2.2. EXEMPLO 2: QUESTÃO DE INVESTIGAÇÃO EDUCACIONALMENTE RELEVANTE; TRADUÇÃO TEORIA/PRÁTICA É PROBLEMÁTICA

O estudo de que se apresenta uma síntese (Cachapuz and Maskill, 1987) tinha como objectivo identificar qual ou quais os conceitos centrais, na perspectiva dos alunos, são susceptíveis de ajudar a explicar aprendizagens diferenciadas sobre o tema cinética química (nível elementar) e qual a articulação entre as estruturas cognitivas dos alunos e seu sucesso relativo na resolução de problemas típicos sobre o mesmo tema. Em termos teóricos o estudo enquadrava-se na área Linguagem e Formação de Conceitos e, em termos educacionais, pretendia contribuir para dar pistas aos professores sobre modos de organização conceptual dos conteúdos de ensino diferentes de enfoques tradicionais baseados em hierarquias de pré-requisitos lógicos do tipo Gagné (1974).

No essencial, o ensino centrou-se no estudo da reacção representada pela equação,
 $2\text{HCl (aq)} + \text{Zn (s)} \rightarrow \text{Zn Cl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$

e, em particular, nos efeitos da temperatura, concentração e estado de divisão dos reagentes na rapidez da reacção. A explicação era dada em termos elementares no quadro da teoria das colisões moleculares (nível 8º/9º ano de escolaridade). Nos diagramas 5 a 8 apresentam-se representações típicas de estruturas cognitivas dos alunos identificadas, i. e. mapas cognitivos dos alunos identificados antes e após instrução no tema referido em função do seu reduzido/elevado aproveitamento académico, respectivamente RAA e EAA. Os mapas cognitivos foram obtidos a partir de medidas de proximidade semântica utilizando testes associativos em que os catorze estímulos apresentados aos alunos correspondiam aos conceitos - nós representados nos mapas cognitivos.

Diagrama 5: Mapa cognitivo - aluno RAA/pre-teste

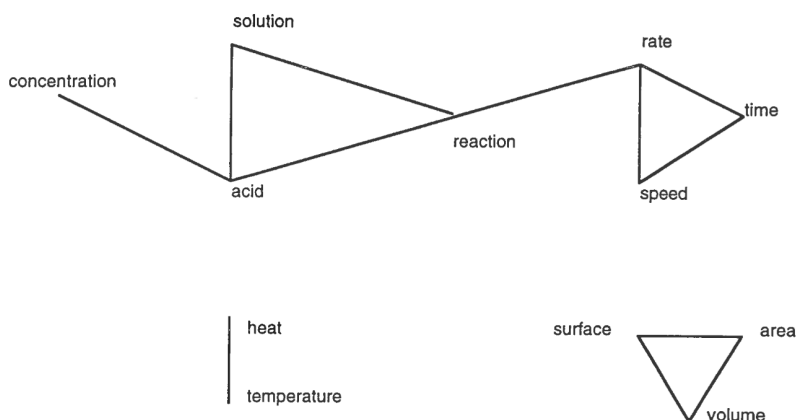


Diagrama 6: Mapa cognitivo - aluno RAA/pós-teste

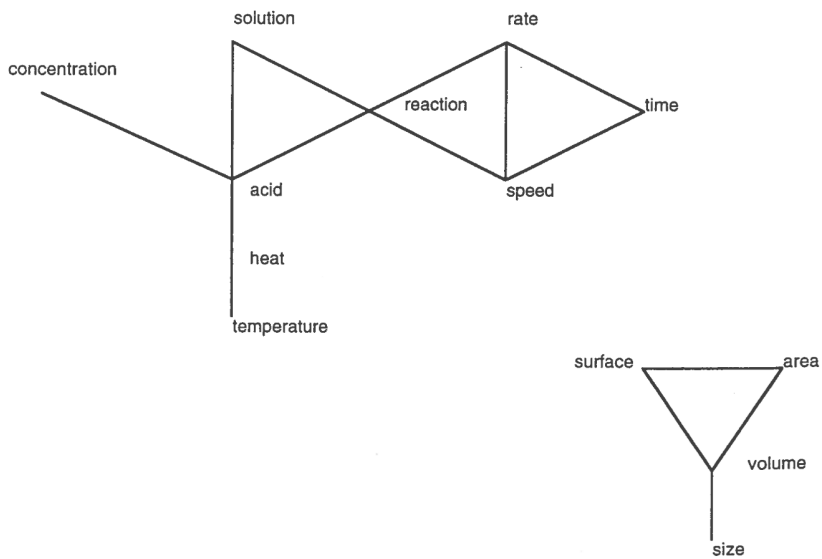


Diagrama 7: Mapa cognitivo - aluno EAA/pre-teste

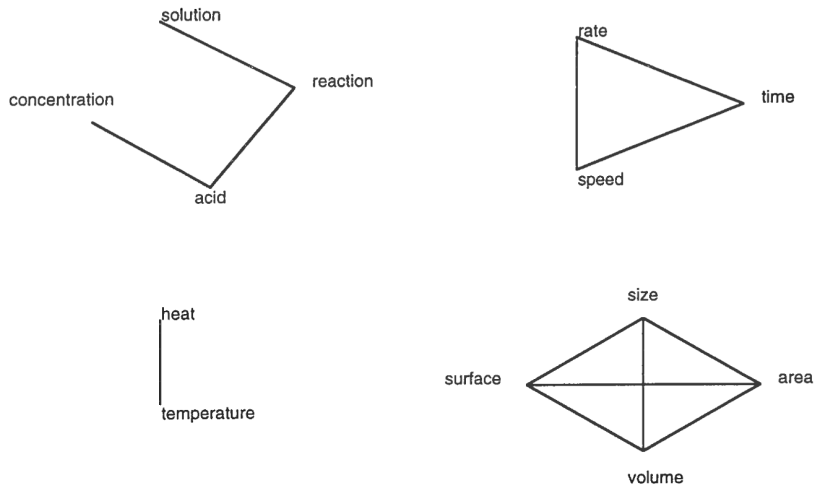
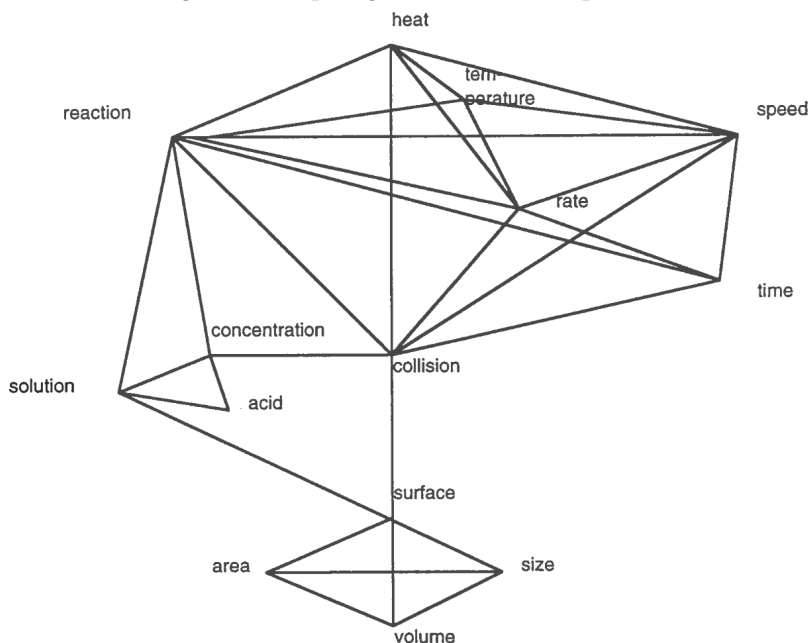


Diagrama 8: Mapa cognitivo - aluno EAA/pós-teste

A análise dos diagramas sugere alguns comentários.

- (i) Alguns conceitos não aparecem nos mapas do pre - teste, p. ex. “collision”, o que é consistente com a altura da instrução em que foram administrados
- (ii) Os mapas antes da instrução não apresentam diferenças substanciais entre alunos com diferente aproveitamento académico. Com efeito, sensivelmente os mesmos conceitos estão aí representados e organizados de um modo atomizado em diferentes grupos (“clusters”). Alguns destes refletem provavelmente significados dos termos propostos em função de aprendizagens anteriores da Química (i. e. “solution”, “concentration...”), da Matemática (i.e., “surface”, “area...”) ou simplesmente do dia a dia (i. e. “heat”, “temperature”); ou seja, a estrutura de conteúdo não está ainda “representada” a nível das estruturas cognitivas dos alunos.
- (iii) Os mapas cognitivos relativos ao pós-teste vão no sentido de uma maior complexificação, sugerindo que durante a instrução o processo de aprendizagem foi acompanhado de uma integração conceptual. Tal integração seria consideravelmente superior no caso de alunos

EAA (Diagrama 8). Para estes, todos os “clusters” de conceitos coalesceram fazendo agora parte de uma única macroestrutura (aprendizagem significativa) facilitando assim a acessibilidade de conceitos envolvidos na resolução dos problemas propostos (p ex. “rate/temperature” ou “rate/surface”).

- (iv) O conceito “collision” aparece numa posição estratégica como o conceito com maior centralidade (alunos EAA). O facto de nem sequer aparecer no caso de alunos RAA (Diagrama 6) sugere uma importância chave deste conceito na construção do conhecimento sobre o tema.

Os autores consideram que: “A possible explanation of the key discriminating role of the concept collision between the high and low achievers on the achievement test may be the very abstract nature of the concept in this context. The role of collisions between microscopic, abstract entities in explaining the real and visible changes in reaction rates requires a grasp of a theoretical model more distant from perceptual reality than that required to comprehend that changes in reaction rate are brought about simply by the different physical dimensions of the pieces of zinc used, the changes in temperature or the changes in concentration of reactants. It is the changes brought about by each of these on collision frequency which is the fundamental idea to be grasped.” (p. 502).

- (v) O valor e natureza das correlações calculadas (moderadamente positivas) entre a existência ou não de relações conceptuais nos mapas cognitivos (p. ex: “collision/rate”, “rate/surface”, “collision/temperature”) e o sucesso relativo dos alunos na resolução de problemas típicos envolvendo essas mesmas relações conceptuais, sugere a influência de uma adequada estrutura cognitiva como condição necessária para o sucesso na resolução de problemas (em particular em fases iniciais desse processo).

Os resultados da investigação dão algumas pistas aos professores sobre dificuldades de aprendizagem dos alunos, casos da centralidade do conceito “collision” ou da dificuldade de diferenciarem significados do dia a dia de significados precisos requeridos em contextos científicos. Sugerem ainda que uma visão estrutural do tema pelos alunos está intimamente relacionada com o seu sucesso relativo na resolução de problemas típicos apresentados pelo professor.

Em termos globais, e para além de limitações inerentes à própria metodologia usada (p. ex. uso da proximidade semântica como métrica), os resultados obtidos são, na melhor das hipóteses, pontos de partida chamando a atenção dos professores de Química para determinados aspectos a ter em conta no

seu ensino. Nesse sentido a investigação é potencialmente útil. Contudo não sugere aos professores pistas concretas de trabalho, ou seja, subsistem questões a nível do grau de generalidade com que as implicações educacionais dos estudos são formuladas não facilitando assim a transferibilidade dos resultados da investigação. Esta é uma situação comum a um grande número de trabalhos na área das dificuldades de aprendizagem dos alunos. Não chega abordar questões sobre “que” dificuldades; é necessário também abordar possíveis “como” as ultrapassar.

Para os investigadores, o principal interesse por estudos do tipo referido (exemplos 1 e 2) era procurar novos enquadramentos teóricos e metodológicos capazes de melhorar a nossa compreensão e aumentar a capacidade de previsão no que respeita a situações de ensino e aprendizagem da Química. Um tal processo de racionalização representava em si mesmo um corte notável com investigação de índole empírica até então predominante (ver Capítulo 2.1). A alternativa seguida encerrava desde logo importantes limitações. Com efeito, na ausência de uma teoria que unifique e dê coerência a conceitos, fenómenos e circunstâncias relativas ao ensino e aprendizagem da Química (ciência normal), foi necessário importar modelos de aprendizagem da Psicologia Cognitiva (com desenvolvimento espectacular nos últimos 20 anos) não se tomando verdadeiramente em conta que o que o professor necessita é de uma psicologia do aluno e não só de uma psicologia do adolescente: “... l’élève quoique adolescent... fonctionne dans un contexte particulier: l’école” (Giordan, 89, p.19). Ora essa psicologia do aluno está por escrever e o autor acrescenta que, “... c’est le champ que la Didactique des Sciences doit inventer, ou du moins développer”. Este é um passo de gigante a dar para o aprofundamento do projecto moderno da Didáctica da Química e da sua maturação como disciplina de interface resultante de sínteses teóricas envolvendo saberes de outras disciplinas conexas, casos também da epistemologia e sociologia das ciências. Se o papel dos modelos no progresso do conhecimento é inquestionável, tudo depende de qual o nível teórico a que se pretende trabalhar. A exemplo do que se passou com outras disciplinas, é possível à DQ construir e usar modelos descritivos eventualmente só aplicáveis em domínios específicos do seu âmbito de estudo, mas que lhe permita compreender e estabelecer previsões de “factos didácticos” com um razoável grau de validade. Utilizando a analogia referida por Shayer and Addey (1981), é como ser químico no período compreendido entre Mendeliev e Bohr mas saber usar adequadamente a tabela periódica. Nem por isso a Química deixou de evoluir vertiginosamente até atingir a sua segunda revolução epistemológica.

O exemplo que a seguir se apresenta na área da inovação curricular, ilustra esforços para usar modelos descritivos do tipo a que acima se aludiu. Diz respeito a investigação desenvolvida no âmbito das concepções alternativas dos alunos (Martins e Cachapuz, 1990) sobre a diferenciação (pelos alunos) entre os conceitos de temperatura e energia em contextos químicos, nomeadamente no estudo do tema energia e reacções químicas (11º ano de escolaridade).

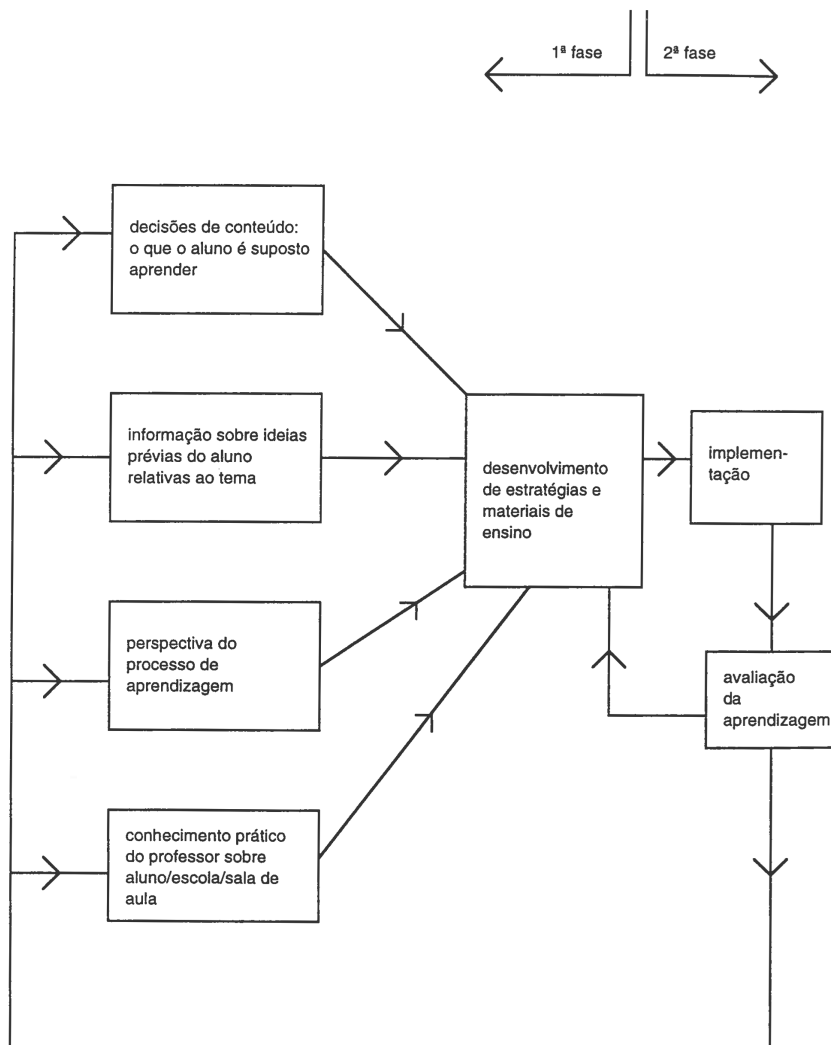
3.2.3. EXEMPLO 3: QUESTÃO DE INVESTIGAÇÃO EDUCACIONALMENTE RELEVANTE; TRADUÇÃO TEORIA/PRÁTICA NÃO PROBLEMÁTICA

O estudo no quadro de linha de investigação ainda em curso (Martins e Cachapuz, 1990) tinha em vista construir e testar situações experimentais que facilitassem posteriormente aos professores de Química explorar estratégias de ensino visando a mudança conceptual.

Previamente às dificuldades dos alunos em particular a nível da diferenciação entre os conceitos de temperatura e energia, com base em estudos realizados no âmbito da Física (Erickson, 1979; Tiberghien, 1984). Por isso mesmo, foi dada uma ênfase particular a esse aspecto tentando criar situações de conflito cognitivo. O estudo organizou-se em duas fases articuladas, seguindo-se de perto o modelo construtivista de desenvolvimento curricular proposto por Driver e Oldham (1986) e representado no Diagrama 9.

- Numa primeira fase, DESENVOLVIMENTO, construiu-se e validou-se (por meio de entrevistas clínicas) uma situação experimental adequada ao tema em estudo. O objectivo era “ver a experiência pelos olhos dos alunos.” Pela sua simplicidade operatória, economia de recursos/tempo e condições de segurança, a experiência é facilmente transferível para a sala de aula (Diagrama 10). No essencial, tratava-se de explicar a diminuição de temperatura observada pelos alunos ($\Delta T \approx - 13^\circ \text{C}$) quando se dissolvem (à temperatura ambiente) 10 g de $\text{NH}_4 \text{Cl}$ em 50 cm^3 de H_2O . Usou-se um sistema quase isolado para facilitar o desencadear de conflitos cognitivos nos alunos.

Diagrama 9 - Modelo de desenvolvimento curricular seguido
(adaptado de Driver e Oldham, 1986)



Mesmo após terem sido expostos ao ensino formal sobre o tema das reacções endotérmicas (11º ano de escolaridade), os alunos demonstraram grande dificuldade em responder adequadamente a perguntas como p. ex., “porque é que a temperatura desceu?”. Na verdade, as respostas mais frequentes refletem ideias intuitivas sobre dissipação da energia do tipo, “a energia passou para fora da solução, logo a temperatura desceu” ou ainda uso de modelos de condução, “a energia que existia entre as moléculas de água foi absorvida pelas novas ligações formadas”

(o que explicaria a diminuição da temperatura). De realçar que, em ambos os casos, também a ideia intuitiva de substancialização da energia está subjacente.

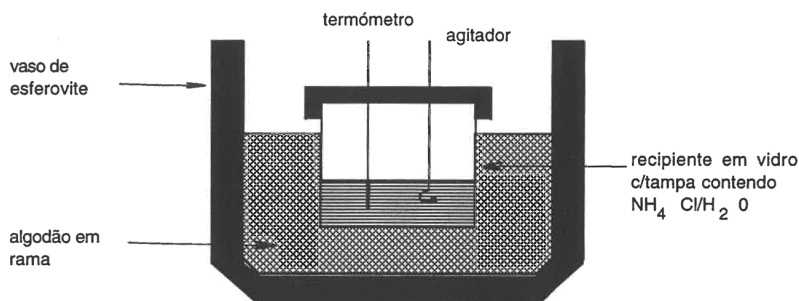


Diagrama 10: Esquema da experiência usada (sistema quase-isolado)

De um modo generalizado, as explicações dadas pelos alunos revelam a ausência de aprendizagens significativas quer da noção de temperatura cinética quer do processo de variação de energia, em particular da transformação a nível molecular da energia cinética em energia potencial de ligação, transformação que implicando uma diminuição da energia cinética (média) das moléculas de água (energia interna do sistema é constante) acarreta um $\Delta T < 0$.

- Numa segunda fase, EXPERIMENTAÇÃO, os resultados obtidos (quadro descritivo) têm sido explorados por professores, após adequada formação (pelos autores) no contexto da disciplina de Didáctica da Química do curso de Física/Química da Universidade de Aveiro, em acções de formação para professores (ensino secundário) e ainda em projecto de investigação-acção em curso. No essencial, a metodologia de trabalho seguida tem sido baseada na exploração de estratégias de mudança conceptual: (i) diagnóstico das concepções alternativas referidas; (ii) discussão por grupos de alunos, assistida pelo professor, de soluções satisfatórias para as dissonâncias cognitivas criadas; por exemplo, à ideia de dissipação da energia acima referida é contraposta a não variação da temperatura na vizinhança imediata do sistema; (iii) confrontação pelos alunos das antigas e novas interpretações; (iv) aplicação a novos exemplos de reacções endo e exoenergéticas propostas pelos professores. No entender destes, a avaliação feita de momento, ainda que impressionista, é positiva. Por exemplo, um importante aspecto que para eles ficou mais claro foi a influência do contexto da tarefa na aprendizagem dos alunos. Assim, compreenderam melhor que a diferenciação por eles tradicionalmente feita entre energia e temperatura em contextos físicos (9º ano

de escolaridade, explorando a diferença entre propriedades extensivas e intensivas de um sistema), não é facilmente transferível (pelos alunos) para contextos químicos onde o que está em jogo é o que se passa a nível intramolecular. Subsistem, no entanto, questões por resolver, como sejam a previsível persistência/coexistência noutras contextos da Química de anteriores concepções dos alunos e a dificuldade já esperada destes se envolverem em processos de meta-aprendizagem numa situação de sala de aula. Por outro lado, o número de professores com quem se tem trabalhado é ainda demasiado pequeno.

Em conclusão, o exemplo estudado ilustra, ainda que com limitações, um modo possível como a Didáctica Construtivista pode estabelecer um novo diálogo entre os saberes da Química e os do aluno. Nesta perspectiva, o currículo não é “aquilo” que está ali para ser apreendido, mas “ a programme of learning tasks, materials and resources from which students construct their knowledge (Driver 1988).” Estamos bem longe, portanto, das perspectivas de desenvolvimento curricular dos anos 60 (ver Cap.2).

Em termos de desenvolvimento futuros, parece importante envolver professores no processo de identificação de questões de investigação, nomeadamente no caso de linhas de investigação de desenvolvimento curricular, isto é, enriquecendo um tal processo de identificação com a epistemologia das práticas. Em segundo lugar, envolver cada vez mais professores na própria investigação, sobretudo em investigação centrada na sala de aula. Em terceiro lugar, e ao nível da metodologia de investigação, privilegiar estudos ideográficos em que os alunos (ou professores) sejam considerados como indivíduos e não como amostras estatísticas. Desde que encaradas seriamente, tais medidas por certo que ajudariam a melhorar o impacto educacional da IDQ.

3.3. FORMAÇÃO DE PROFESSORES

3.3.1. A FORMAÇÃO DE PROFESSORES E PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA

Um bem conhecido princípio da análise de sistemas é que toda a informação que é gerada num dado sistema (p. ex. investigação) existe numa dada forma codificada, no essencial só reconhecível e útil para os membros desse sistema¹⁵.

15 A exploração do argumento é feita por analogia com o que se passa na área das comunicações (sobre o assunto ver Aitken, 1985)

Quando tal informação é transferida para outro sistema (p. ex. ensino) tem de ser traduzida num código diferente, convertida num formato que seja inteligível e compreensível para novos interlocutores. Este princípio aplica-se exemplarmente ao modelo IDD de articulação IDQ/ensino da Química (Diagrama 4). Por exemplo, a relativa facilidade de transferência no caso do estudo referido em 3.2.3 (exemplo 3) tem sobretudo a ver com o processo de descodificação ter sido simplificado devido à própria natureza do objecto de investigação.

É na aplicação do princípio acima referido que depende em boa parte o êxito de programas de Formação de Professores no quadro do modelo Investigação/Desenvolvimento/Difusão. Dos professores possuírem ou não as chaves desse “código” dependem, portanto, maiores ou menores estrangulamentos do processo de articulação investigação/ensino. Por isso mesmo, a Formação de Professores de Química (e não só) tem merecido uma atenção crescente de investigadores e alguns responsáveis educativos. Ainda que as propostas inovadoras da IDQ sejam compreensíveis para os professores, três importantes razões podem dificultar que tais propostas venham a ser por eles posteriormente assumidas. Em primeiro lugar, razões ligadas às próprias orientações epistemológicas dos professores; em segundo lugar, a questão da integração dos saberes num todo coerente; finalmente, o acesso à informação oriunda da investigação (aspecto que será abordado em 3.4). Embora individualmente discutidas de um modo sumário, todas estas razões intervêm em simultâneo e não são de esperar alterações substanciais na dinâmica do sistema se não se encarar a sua abordagem de um modo harmonioso e numa perspectiva sustentável.

3.3.2. ORIENTAÇÃO EPISTEMOLÓGICA

A mudança de orientação do ensino da Química de uma lógica com base no paradigma positivista para uma orientação de raiz construtivista mais conforme com propostas actuais da IDQ, não envolve somente mudanças do foro metodológico mas antes de mais rupturas com o próprio quadro epistemológico que fundamenta as práticas de ensino. Ao contrário do paradigma positivista, para o construtivismo, o conhecimento é sempre contextual e nunca separado do sujeito, ou seja, “Knowledge is not a commodity which can be communicated” (von Glasersfeld, 1990). Daqui resulta que as aprendizagens significativas derivam de processos activos monitorados pelo próprio aluno, nomeadamente através de desestruturações/reestruturações conceptuais, e não do professor encher um “empty bucket”, para usar a riqueza imagética da analogia sugerida por Karl Popper. O que se passa é que, a nível do ensino da Química, o papel do professor é (na verdade tem sido) o de, no essencial, transmitir informação, regras e valores. de acordo

com aquilo a que Pope e Keen (1981) chamam “the cultural transmission view of teaching”. A ênfase é no uso e abuso da pedagogia por objectivos, no primado do conhecimento factual, na resolução rotineira de questões/problemas e no uso dos testes como factores motivacionais de estudo por excelência. Nesta equação pouco espaço fica para entusiasmar o aluno pelo estudo da Química como parte da sua educação científica, ajudar o aluno a construir aprendizagens significativas ou desenvolver atitudes e competências congruentes com uma visão investigativa, responsável e não autoritária da Química.

Uma tal mudança de quadro teórico do ensino da Química é duplamente difícil dado envolver aspectos de ordem qualitativa (ao nível individual do professor) e quantitativa (ao nível do sub - sistema de formação dos professores). Assim, e no que respeita aos primeiros, a dificuldade reside em que tal mudança implica rupturas de ordem epistemológica com as próprias matrizes de formação (no essencial, positivismo) dos professores. Assim, p. ex., a interpretação de um “facto didáctico” é formalmente incomensurável com a interpretação de um “facto químico” já que os fenómenos naturais não envolvem a construção de significados pelos agentes que estão na sua origem. Dito de outra maneira, os electrões não pensam. Como bem notam Holland e Mansell (1983), “... human subjects, unlike natural objects, have their own understanding of their conditions and in the social sciences it is, to a greater extent, the meanings inherent in such understandings which constitute facts” (p.102). A nível quantitativo, e de acordo com estudo recente (Praia e Cachapuz, 1993), cerca de 82% dos professores de Química (ensinos básico e secundário) dizem orientar o seu ensino segundo perspectivas compatíveis com a tradição do empirismo lógico (p. ex. o corte entre facto e teoria ou ainda sobre a natureza do método científico). Dada a importância do papel dos professores no desenvolvimento de adequadas imagens da ciência junto dos seus alunos, em particular no que respeita à natureza problemática e dinâmica da construção do conhecimento científico, tais resultados dão que pensar.

Em termos de estratégia de formação de professores, as carências e número dos potenciais destinatários aconselham espaços de formação no domínio da Epistemologia e Ensino das Ciências bem como áreas conexas. Tais espaços de formação (em particular na formação contínua) deverão orientar-se de modo a não se esgotarem na informação meramente académica e retórica sobre epistemologia das Ciências mas sobretudo articular esta com as práticas de ensino dos professores, ou seja, onde é que a primeira se revela nas últimas. Assim, será mais fácil aos professores questionarem o (seu) pensamento docente espontâneo como p. ex. uma visão simplista da ciência e do trabalho científico bem como apoiá-los a tomar consciência dos fundamentos epistemológicos que informam as suas práticas de ensino e introduzir eventuais modificações.

3.3.3 INTEGRAÇÃO DOS SABERES

O modelo transmissivo subjacente ao ensino tradicional da Química corresponde a um sistema altamente coerente ao nível dos seus fundamentos teóricos, princípios metodológicos e processos avaliativos. Essa auto coerência confere-lhe um elevado grau de racionalidade residindo aí a principal razão da sua credibilidade. Orientar o ensino da Química numa perspectiva construtivista, “taking the pupils seriously and making the invisible visible” (Hewson, 1992), exige do professor uma elevada disponibilidade de saberes. Tal disponibilidade tem de se manifestar não só a nível dos saberes disciplinares individualmente considerados (no caso dos saberes da Química), mas também ao nível da sua integração, sendo útil a racionalização proposta por Schulman (1986). Tal integração é prejudicada por factores ligados à investigação, ao sistema de formação de professores e ao modo como o ensino se organiza nas escolas, ou seja, a nível de todos os sub - sistemas representados no Diagrama 4.

- (i) Devido ao número e complexidade das variáveis presentes no processo de ensino/aprendizagem, as propostas inovadoras oriundas da IDQ envolvem frequentemente só transformações pontuais e dispersas. Por essa razão tais propostas são dificilmente plausíveis para os professores já que, no essencial, estes cultivam uma visão holística sobre o seu ensino. São, pois, obrigados a um esforço suplementar de integração dos saberes, o mais das vezes com carácter individual, de sucesso não garantido e reconhecimento social problemático. Um exemplo típico é a questão da avaliação da aprendizagem, tema em que 26,5% dos professores de Química consideram ter “frequentemente” ou “quase sempre” dificuldades (Cachapuz et al., 1989).
- (ii) O modo como o próprio currículo de formação inicial de professores está organizado não favorece a integração da informação respeitante às diferentes áreas disciplinares, já que dificilmente podem ser percebidas como um conjunto auto coerente. Com efeito, a nível das fundamentações teóricas, i. e. integração teoria/teoria, tenha-se em conta a coexistência no horário do aluno-futuro professor de enfoques epistemológicos (eventualmente de uma disciplina para a disciplina a frequentar na hora seguinte) que podem ser não só divergentes (o que é salutar) mas eventualmente incomensuráveis (p. ex. o erro como desvio à norma ou o seu papel como elemento constitutivo do conhecimento). Em tais casos, o que se exige aos alunos são verdadeiros “saltos quânticos”. A nível da articulação teoria/prática, os resultados obtidos aconselham

ajustamentos profundos. Como lucidamente refere Alarcão (1991 b), tentou se (a integração) “...com os currículos integrados na formação inicial de professores. Com algum fracasso, na minha opinião, porque nunca chegamos verdadeiramente ao âmago da questão... a integração não pode ficar-se nem nas palavras nem no papel. Ela realiza-se, substantiva-se na acção e, sobretudo, na integração que se gera entre os intervenientes. Na formação contínua, a integração é facilitada pelo facto de ocorrer naturalmente no que deve ser o ponto de partida da formação do professor: a prática educativa do professor. É a partir da sua própria actividade que os professores, adaptando uma atitude de reflexão... metapraxis, traçam as linhas orientadoras para o seu processo de desenvolvimento permanente” (p.70). Sobre o assunto (formação inicial) também me debrucei (Cachapuz, 1985), mantendo-se no essencial a validade da análise feita bem como sugestões de intervenção aí propostas. Desde então, ficou mais claro para mim que a integração de saberes joga - se sobretudo ao nível dos processos individuais de construção do conhecimento e bem menos ao nível da organização curricular. O que me parece ser de realçar neste último é o papel chave que pode ser desempenhado no currículo de formação pelas Didácticas específicas como espaço privilegiado integrador de aquisições dispersas.

De acordo com Seddom (1991), “... what is at issue is not just the question of how to reform teacher education, but the conceptualisation of the educational problem we face, the nature of teachers and contextual change, and their institutional effects in teachers’ practices” (p.96). Por isso mesmo parece importante que, a nível da investigação, se conheça melhor em que contextos e circunstâncias os professores se apropriam do conhecimento e do modo como este influencia o seu ensino, ou seja iluminar a questão da contextualização e recontextualização do conhecimento. Tais estudos, necessariamente envolvendo uma forte componente de sala de aula, devem encarar os professores não como entidades abstractas (perspectiva típica do “skill approach” no ensino) mas sim actores sociais que exercem seus poderes e constroem seus saberes em dadas circunstâncias e contextos específicos. O mesmo é dizer que tais estudos devem também prever contribuições quer da sociologia da educação quer da sociologia do conhecimento. Como se discutirá no Capítulo seguinte, o modelo IDD não é o melhor adaptado para um tal tipo de investigação.

(iii) Em terceiro lugar, e no que respeita ao factor organização do ensino nas escolas, o enfoque construtivista do ensino da Química implica também modificar critérios e formas de avaliação tradicionalmente

em uso já que aquelas têm subjacente uma outra pedagogia da avaliação da aprendizagem. Nem sempre um tal nível de integração é fácil de harmonizar. De registar ainda casos em que os próprios alunos, pelo menos num primeiro tempo, não se sentem à vontade com a avaliação para a compreensão. Refira-se finalmente que o argumento frequentemente invocado da necessidade de maior tempo disponível para a gestão do curriculum requerido por perspectivas construtivistas do ensino da Química não tem sido abordado de uma forma correcta. É visto de um modo meramente pontual e quantitativo e não numa perspectiva da gestão global do curriculum (p. ex. poderia ser desnecessário repetir várias vezes o mesmo tema, na mesma ou em diferentes disciplinas). Em última análise, o professor deve encontrar novas soluções para o dilema, “cobrir” o curriculum ou fazer com que os alunos aprendam.

3.4. DIFUSÃO DA INFORMAÇÃO

No quadro do modelo de articulação investigação/ensino dominante (diagrama 4) a adequada difusão da informação proveniente da IDQ pelos diferentes sub - sistemas envolvidos é uma condição nuclear. Na prática, no entanto, tal questão está longe de ter uma resolução satisfatória.

Em primeiro lugar, a disseminação da informação é sobretudo unidireccional, i.e., IDQ, Formação de Professores, Ensino. Em segundo lugar, porque mesmo nesse caso, os artigos de investigação são frequentemente pouco elaborados no tocante a sugestões relevantes para o ensino da Química, as publicações são mal conhecidas pelos professores e a inteligibilidade das propostas é muitas vezes ameaçada devido à linguagem usada ser demasiado tecnicista. Tais aspectos intervêm cumulativamente e ajudam a explicar porque é que p. ex., em Portugal, publicações periódicas de índole científica-pedagógica só sejam consideradas como fontes de informação “muito importante” para o seu ensino por cerca de 24% dos professores de Química (Cachapuz et al. 1989).

De um modo esquemático, as publicações existentes podem ser classificadas em três tipos: (a) Jornais/revistas/monografias de investigação (p. ex. International Journal of Science Education) tendo como objectivo a comunicação entre investigadores, condição vital para assegurar o desenvolvimento de uma actividade que (ao contrário do ensino) é no essencial de natureza colectiva e pública; (b) Revistas ou monografias de divulgação (p. ex. CHEM 13 News) possibilitando a apresentação informal de aspectos inovadores do ensino da Química levados

a cabo (ou em curso) pelos professores; i.e., um espaço de comunicação uni ou bidireccional entre professores e que também pode facilitar aos investigadores a percepção de alguns “dilemas” do ensino da Química; (e) publicações de compromisso entre as duas fórmulas precedentes (p. ex. *School Science Review*).

Em Portugal, e a nível da DQ, existem poucos exemplos dos tipos (a) e (b), excepto a nível de monografias. O esforço meritório feito nos últimos anos pelo Boletim da Sociedade Portuguesa de Química (BSPQ) de incluir artigos originais de investigação leva a considerá-lo no âmbito do caso (c). Pela minha experiência não me parece que se tenha generalizado o hábito de o “ler” por parte dos professores de Química. Uma maior inclusão de sínteses/recensões de trabalhos particularmente relevantes poderia ajudar à sua melhor disseminação. A sua utilização (bem como de outras publicações) como instrumento de trabalho na formação de professores tem-se revelado positiva. Números temáticos têm sido particularmente bem acolhidos pela pluralidade de abordagens que oferecem. No que respeita ao ensino superior, o vazio é quase total sendo urgente editar uma publicação (ainda que rudimentar) do tipo (b), a exemplo de “newsletters” de Universidades estrangeiras. A experiência recolhida em vários seminários e conferências dirigidas ao ensino superior que tiveram lugar recentemente em Portugal, leva-me a concluir que são sobretudo aspectos de ordem organizacional que dificultam o aparecimento de uma tal publicação e não a falta de experiências inovadoras de ensino a relatar.

Finalmente, e qualquer que seja o nível de ensino considerado, parece importante encorajar os professores a apresentar estudos sobre a sua actividade docente (não necessariamente trabalhos de investigação). É tornando público o ensino que ele é passível de ser criticado e, portanto, mais fácil de ser melhorado.

4. CONCLUSÕES

A reflexão que se apresentou permite, assim o espero, visualizar melhor a trajectória seguida pela IDQ desde os primeiros passos ligados aos projectos de desenvolvimento curricular até à actualidade. Apesar da sua juventude, parece inquestionável a confirmação da IDQ como um programa em desenvolvimento e com contribuições valiosas dadas no que respeita a uma melhor compreensão sobre o que e o como se ensina e se aprende Química. Em Portugal, o percurso feito é particularmente significativo para o pouco tempo em que ocorreu, razão plausível para o crescente interesse despertado pela IDQ a vários níveis do sistema educativo. Não se incluem naturalmente os que devido a simples convicções pessoais ou meras opiniões não acreditam no potencial gerador de mudanças da

IDQ e da investigação educacional em geral. Como refere Kempa, são os que sofrem do fenómeno “3D”, i.e., “... research findings are either *D* isregard, or *D* istorded or even *D* enied” (1991).

O sentido da trajectória seguida pela IDQ tem sido tentativamente de se afastar das limitações próprias a um discurso investigativo de índole meramente empirista, tipo “história natural do ensino”, procurando enriquecer-se com um quadro teórico próprio através de sínteses integradoras de contribuições teóricas oriundas de áreas disciplinares conexas. Um tal quadro teórico não pode, no entanto, construir-se secundarizando aquilo que em última análise justifica a Didáctica da Química como área disciplinar, i.e., melhorar o ensino e a aprendizagem da Química. Por isso mesmo se salientou neste trabalho a importância de desenvolvimentos futuros da IDQ se orientarem de modo a propôr soluções práticas à multidão de problemas associados ao ensino da Química, qualquer que seja o nível a que este é considerado. Trata-se não de um reducionismo praxeológico mas, bem ao contrário, de tentar estabelecer um novo diálogo entre teoria/prática tendo em vista resolver tensões existentes. Num tal diálogo é a primeira que orienta e dá sentido à segunda, de modo a que o ensino da Química seja, tanto quanto possível, um processo racionalmente preparado e baseado na investigação e não em meras opiniões ou intuições de momento; mas isso só pode ser conseguido se, simultaneamente, a investigação tiver em conta que a segunda é critério importante para assegurar a viabilidade da primeira. Não restam dúvidas que a este respeito há ainda um longo caminho a percorrer.

No quadro do modelo dominante de articulação investigação/ensino, identificaram-se e analisaram-se três potenciais obstáculos - natureza da investigação, formação de professores e difusão da informação - e sugeriram-se possíveis pistas de trabalho tendo em vista minimizar seus efeitos. Algumas dessas pistas de trabalho envolvem elevada “energia de activação”, mormente as que implicam mudanças de perspectivas epistemológicas de investigadores e/ou professores bem como as que envolvem reajustamentos mais ou menos profundos a nível da organização do ensino.

Em termos de recomendações, creio ser justificado desenvolver e harmonizar esforços em cinco vertentes.

- (i) Alguns dos obstáculos acima referidos podem ser vantajosamente superados não por ajustamentos do modelo de racionalidade técnica IDD referido, em que se privilegiam relações simples de causa/efeito em contextos educacionais complexos, mas sim no quadro de modelos de investigação - acção. É nomeadamente o caso da pertinência educacional de questões de investigação a seleccionar (ver 3.2) ou ainda de alguns aspectos referidos sobre formação de

professores (ver 3.3). Como se sabe (ver p. ex. McNiff, 1988), a investigação - acção valoriza não só o desenvolvimento profissional dos professores mas também introduz uma dinâmica de crescimento pessoal, parecendo particularmente indicada para investigar modos como se constrói o seu conhecimento, da influência deste nas suas práticas de ensino e de como aquelas influenciam este. Acresce que, pelo menos para alguns autores (Wankowsky, 1991), a investigação - acção é particularmente adaptada ao ensino superior: “what is needed in higher education is a *scheme whereby the numbers of pragmatically inclined teachers should be greatly increased*. This should be done by a large-scale operation of practical pedagogical training in using the active research’ approaches in order to learn what goes on in their practice of teaching and learning, and what kinds of schemes and procedures they should themselves try with their students in order to enhance their self-teaching. The idea of action research as you teach and learn is of course nothing else than normal professional procedure in any highly valued skill or craftsmanship. A professional craftsman must be permanently involved in studying his art, if only to keep up with the skill of his colleagues and competition in his sphere of craftsmanship. *This kind of activity of studying their own craftsmanship does not exist amongst the majority of university teachers, who have no ‘felt need’ to study their own methods of knowledge retailing*”(p. 142).

No essencial, trata-se, portanto, de sermos tão criteriosos com o nosso ensino como o somos com as nossas aprendizagens. Do exposto não se deve induzir que a investigação - acção também não tem suas próprias limitações. Não se trata somente de não ser aplicável a estudos normativos ou de índole quantitativa, mas sobretudo pela dificuldade de replicação dos resultados já que o conhecimento gerado por um (ou alguns) intervenientes não permite generalizações estatísticas mas tão só analíticas. Acresce que o nível de empenho e capacidades que exige ao professor não devem ser menosprezados. Como lembra Stenhouse (1975), são necessários, “... the commitment to systematic questioning one’s own teaching as a basis for development; the commitment and the skills to study one’s own teaching; the concern to question and to test theory in practice by the use of those skills” (p. 143, 144). No meu entender, modelos de racionalidade técnica (p. ex. IDD) e de investigação-acção não devem ser vistos como polaridades metodológicas mas

sim como abordagens alternativas com vantagens diferenciadas consoante a natureza do problema em estudo e as suas condições de realização.

(ii) Definir melhor o campo actual de investigação e estabelecer prioridades para o futuro, através de um ou mais simpósios de investigadores. Entre outros (e sem a pretensão de elaborar uma agenda), teria particular interesse abordar os seguintes aspectos:

- Examinar criteriosamente a relevância para a IDQ de contribuições teóricas provindas de áreas conexas, nomeadamente da designada Ciência Cognitiva, independentemente do potencial operativo de tais contribuições. Prever que tais contribuições podem ser só localmente válidas (i. e. para um dado domínio de estudo da DQ), não sendo só por isso necessariamente irrelevantes.
- Analisar criticamente estudos relativos a estratégias inovadoras de ensino que tenham em conta características individuais dos alunos e suas dificuldades de aprendizagem, nomeadamente estudos longitudinais, e alargando o que já é conhecido de estudos isolados, i.e., “follow-up studies” de natureza ideográfica.
- Identificar áreas chave da IDQ a desenvolver com base em critérios claramente estabelecidos e tendo em conta (iii) e (iv).
- Estudar como harmonizar contribuições inovadoras da IDQ com a organização do ensino nas escolas (p. ex. estratégias construtivistas de ensino e de avaliação).

O sentido último de um tal exercício não é o de limitar a necessária diversidade da investigação (também aqui o princípio da entropia se aplica), mas sim de esclarecer condições e definir processos tendo em vista potenciar eventuais sinergismos.

(iii) Estreitar relações com outras áreas de investigação didáctica, em particular com outras didácticas das ciências, já que a construção e desenvolvimento das didácticas específicas seguem caminhos que não são independentes. Como refere Martinand (1989), é necessário “une meilleure connaissance des recherches, non dans la perspective illusoire d’une unification réductrice mais en vue d’un approfondissement reciproque, semble des maintenant une tache utile et possible” (p.93). No fundo, trata-se de levar à prática o princípio geral de que qualquer área do conhecimento não se pode desenvolver alimentando-se somente dos seus próprios problemas.

- (iv) Aprofundar laços de colaboração entre didactas e professores (todos os níveis de ensino), de modo a criar “massa crítica” que só equipas de trabalho permite e, simultaneamente, permitindo um enriquecimento de saberes diversificados e especializados. Em particular, no ensino superior, a ideia de que as Universidades devem encorajar os seus docentes a devotar pelo menos 5% do seu esforço em investigação para estudar o ensino-aprendizagem da sua disciplina (Frazer, 1977) não perdeu a sua actualidade.
- (v) Divulgar resultados da IDQ, em particular dizendo respeito a casos cuja relevância educacional é considerada exemplar.

Para terminar, refira-se que o exercício intelectual que se levou a cabo com este estudo tem óbvias limitações. Não me refiro naturalmente à contingência da temporalidade já que, como afirma Vergílio Ferreira, “... há sempre alguma coisa de provisório naquilo que se faz”. A questão é outra. Sendo um exercício de racionalidade fica sujeito à distinção sempre omnipresente entre condições necessárias e suficientes de mudança. Ou seja, considero que a análise levada a cabo só é (será?) um instrumento de progresso se não se estiver apenas disponível para analisar convicções e percursos mas também disposto a inflectir uns e outros.

REFERÊNCIAS

- Abraham, M. and Renner, J. (1986). The sequence of learning cycle activities in high school chemistry. *Journal Res. Sci. Teaching*, 23(2), 121-143.
- Aitken, H. (1985). *Syntony and spark*. The origins of radio. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Alarcão, I. (1991 a). A Didáctica Curricular: Fantasmas, Sonhos, Realidades. Actas do 2º Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino, 299-310. Ed. Martins, I., Universidade de Aveiro.
- Alarcão, I. (1991 b). Dimensões de Formação. Actas do I Congresso Nacional de Formação Contínua de Professores, 69-77, Universidade de Aveiro.
- Alarcão, I. and Moreira, A. (1993). Technical Rationality and Learning by Reflecting on Action in Teacher Education: dichotomy or complement? *J. Educ. for Teaching*, 19 (1), 31-40.
- Anderson, J. (1961). Socrates as an Educator. In J. Anderson (ed.), *Studies in Empirical Philosophy*. Angus and Robertson, Sidney.

- Assessment of Performance Unit (1988). *Science at Age 15*, HMSO, London.
- Association for Science Education (1979). *Alternatives for Science Education*. College Lane, Hatfield, England.
- Brown, G. and Desforges, C. (1977). Piagetian psychology and education: time for revision. *Brit. J. Educ. Psychol.*, 47, 7-17.
- Carr, W. and Kemmis, S. (1986). *Becoming critical: education, knowledge and action research*. Falmer Press, London.
- Claxton, G. (1991). *Educating the inquiring mind*. Harvester Wheatsheaf, New York.
- Cachapuz, A. (1985). Modelos de Formação de Professores: natureza e funcionamento. *O Jornal da Educação*, nº 87, 26-28.
- Cachapuz, A. (1986). Articulação, investigação educacional/práticas educativas: problemática e perspectivas. Actas do colóquio As Ciências da Educação e a Formação de Professores, 69-80, GEP/MEC, Lisboa.
- Cachapuz, A. and Maskill, R. (1987). Detecting changes with learning in the organization of knowledge: use of word association tests to follow the learning of collision theory. *Int. J. Sci. Educ.*, 9 (4), 491-504.
- Cachapuz, A., Malaquias, I., Martins, I., Thomaz, M. e Costa, N. (1991). A Química e o seu ensino: o que pensam os alunos dos ensinos básico e secundário. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 46, 3-10.
- Cachapuz, A., Malaquias, I., Martins, I., Thomaz, M. e Costa, N. (1989). *O ensino aprendizagem da Física e Química: resultados globais de um questionário a professores*. Monografia, Universidade de Aveiro, Aveiro.
- De Boer, G. (1991). *A History of Ideas in Science Education*. Teachers College Press, New York.
- Donaldson, M. (1978). *Children's Minds*, Fontana, London.
- Driver, R. (1988). Theory into Practice II. A constructivist approach to Curriculum Development. In, *Development and Dilemmas in Science Education*, 133-149, P. Fescham (ed.), London.
- Driver, R. and Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Eggleston, J., Galton, M. and Jones, M. (1976). Process and Products of Science Teaching. *Schools Council Research Series*, Macmillan Education, London.
- Erickson, G. (1979). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, 63, 221-230.

- Erickson, G. (1985). Theoretical and Empirical Issues in the study of students' conceptual frameworks. In, *Representation of cognitive structures*, 13-30, Philip Nagy (ed.), Ontario, Canada.
- Fensham, P. (1985). Science for all: a reflective essay. *Journal of Curriculum Studies*, 17, 4, 415-435.
- Fensham, P. (1983). A research base for new objectives of science teaching. *Science Education*, 67(1), 3-12.
- Frazer, M. (1977). *Research for the classroom and beyond*. The Chemical Society, Loughborough.
- Frazer, M. (1978). *Making chemical education useful*. Paper presented to the Royal Australian Chemical Society Meeting, Adelaide.
- Frazer, M. (1982). Solving chemical problems. *Chemical Society Reviews*, II (2), 171- 190.
- Furedey, C. (1985). Critical Thinking: toward research and dialogue. In Donald, J. and Sullivan, A. (eds), *Using Research to Improve Teaching*. Jossey Bass, São Francisco.
- Gagné, R. (1974). *Essentials of learning for instruction*. Dreyden Press, USA.
- Gago, M. (1991). *Ciência em Portugal*. Imprensa Nacional, Casa da Moeda, Lisboa.
- Garnett, P. and Tobin, K. (1988). Teaching for understanding, exemplary practice in high school chemistry. *Journal Res. Sci. Teaching*, 26(1), 1-14.
- Gilbert, J. (1982). *A constructivist approach to chemical education*. Paper presented to the Annual Congress of the Royal Society of Chemistry, University of Aston.
- Giordan, A. (1989). Place de la Didactique des Sciences dans l'innovation en matière d'Education Scientifique. In, *Psychologie génétique et didactique des Sciences*, Giordan, A., Henriques, A. et Bang. V., Peter Lang (ed), Bern.
- Glaserfeld, von E. (1983). Learning as a constructive activity. In Bergeron, J. and Herscovics, N. (eds), *Proceedings of the Fifth Annual Meeting PME-NA*, Montreal.
- Glaserfeld, von E. (1990). Environment and communication. In Steffe, L. and Wood. T (eds), *Transforming early childhood mathematics education: an international perspective*, Lawrence Press, Hillsdale.
- Gouveia, R. (1991). Programas de Ciências Físico-Químicas, *Educação*, nº3, 73-76.
- Holland, R. and Mansell, T. (1983). Meanings and their interpretation in science education research. *Studies in Science Education*, 10, 99-109.
- Hurd, P. (1971). Research in Science Education: planning for the future. *Journal Res. Sci. Teaching*, 8, 243-249.

- Hewson, P. (1981). A conceptual change approach to learning science. *Eur. J. Sci. Educ.*, 3 (4), 383-396.
- Hewson, P. (1992). Comunicação pessoal.
- Jenkins, F. (1989). Models for Science, Technology and Society-Chemistry Education. Proceedings of the 10th International Conference on Chemical Education, University of Waterloo, Ontario, Canada, 23-29.
- Jonhstone, A. and Wham, A. (1982). The demands of practical work. *Education in Chemistry*, 19 (3), 71-73.
- Kempa, R. (1976). Science education research some thoughts and observations. *Studies in Science Education*, 3, 97-105.
- Kempa, R. (1986). *Assessment in Science*. Cambridge University Press, England.
- Kempa, R. and Martin, M. (1990). Students' motivational traits and preferences for different instructional modes in science education. *Int. J. Sci. Educ.*, 12, 205-216.
- Kempa, R. (1991). *Research in Chemical Education: past, present and future*. The Nyholm Lecture, Royal Society of Chemistry, London.
- Kornhauser, A. (1979). Trends in research in Chemical Education. *Eur. J. Sci. Educ.*, 1 (1) 21-50.
- Linn, M. (1987). Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations. *J. Res. Sci. Teaching*, 24(3), 191-216.
- Lobo, A. M. (1992). Química Orgânica em Portugal - Tendências Recentes. In, *O Estado das Ciências em Portugal*, coord. Mariano Gago, Ed. Dom. Quixote, Lisboa.
- Martinand, J. (1989). Questions actuelles sur la didactique des sciences. In, *Psychologie génétique et didactique des Sciences*. Giordan, A., Henriques, A. et Bang, V., Peter Lang (eds.), Bern.
- Martins, I. and Cachapuz, A. (1990). How do pupils perceive de concept of energy in chemical situations? *School Science Review*, 71 (257), 83-85.
- Maskill, R. (1988). Logical language, natural strategies and the teaching of science. *Int. J. Sci. Educ.*, 10(5), 485-495.
- McDonough, T. (1987). *Space - the next twenty five years*. John Wiley Inc. (ed), New York.
- McNiff, J. (1988). *Action Research: principles and practice*. MacMillan Education, London.
- Mitchell, I. and Gunstone, R. (1984). Some student conceptions brought to the study of stoichiometry. *Research in Science Education*, 14, 78-88.

- Novak, J. (1978). An alternative for Piagetian psychology for science and mathematics education. *Studies in Science Education*, 5, 1-30.
- Ormerod, M. (1977). Attitudes to chemistry. Report of the Symposium *Research for the classroom and beyond*, University of Loughborough, 28-37.
- Osborne, B. (1992). Science Education: a concise review of the past thirty years. *Perspectives*, nº 45, 6-13.
- Pedrosa, J. (1992). Química Inorgânica em Portugal nos anos 90. In, “*O Estado das Ciências em Portugal*”, coordenação de Mariano Gago, Ed. Dom Quixote, Lisboa.
- Penick, J. and Yager, R (1986). Trends in science education: some observations of exemplary programmes in the United States. *Eur. J. Sci. Educ.*, 8(1) 1-8.
- Pines, L., Novak, J., Posner, G. and van Kirk, J. (1978). *The clinical interview: a method for evaluating cognitive structure*. Research Report nº6, Curriculum series, Cornell University, Ithaca, USA.
- Pope, M. and Keen, T. (1981). *Personal Construct Psychology and Education*. Academic Press, London.
- Popper, K. (1988). *Em busca de um mundo melhor*. Fragmentos (ed.), Lisboa.
- Praia, J. e Cachapuz, A. (1993). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores Portugueses. *Ensenanza de las Ciências* (aceite para publicação).
- Pfundt, H. and Duit, R. (1991). *Students' Alternative Frameworks and Science Education*. Institute for Science Education, Kiel, Germany.
- Rowell, J. and Cawthron, E. (1982). Images of Science: an empirical study. *Eur. J. Sci. Educ.*, 4(1), 79-94.
- Schulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Schon, D. (1987). *Educating the reflective practitioner: toward a new design for teaching and learning in the professions*. Jossey-Bass (eds.), São Francisco.
- Seddon, T. (1991). Rethinking Teachers and Teacher Education in Science. *Studies in Science Education*, 19, 95-117.
- Seigel, H. (1980). Critical Thinking as an educational ideal. *The Educational Forum*, 45, 7-23.
- SERAPHIM project. The Periodic Table Videodisc. Department of Chemistry, University of Wisconsin, USA.

- Shayer, M. and Addey, P. (1981). *Towards a Science of Science Teaching*. Heineman Educ. Books, London.
- Stenhouse, L. (1975). *Introduction to curriculum research and development*. Heineman Educ. Books, London.
- Sutton, C. (1980). The learner's prior knowledge: a critical review of techniques probing its organization. *Eur. J. Sei. Educ.*, 2(2), 107-120.
- Tieberghien, A. (1984). Critical review on the research aimed at elucidating the sense that the notion of temperature and heat for students aged 10 to 16 years. Proceedings of the First International Workshop. 75-90, CNRS (ed.), Paris,
- Vigotsky, L. (1962). *Thought and Language* Cambridge, MIT Press.
- Wallace, J. and Louden, W. (1992). Science Teaching and Teachers' Knowledge: prospects for reform of elementary classrooms. *Science Education*, 76(5), 507-521.
- Wankowsky, J. (1991). Increasing students' power for self-teaching. In, *Helping students to learn*, 124-145, Raaheim, K. (ed.), OUP.
- Welch, W. (1984). Research in science education: review and recommendations *Science Education*, 69 (3), 421-448.
- Watson, P. and Laird, J. (1972). *Psychology of reasoning: structure and content*. Batsford, London.
- Yager, R. (1984). Defining the discipline of science education. *Science Education*, 68 (1), 35-37.

Publicação parcial em:

Cachapuz, A. F. (1997). Investigação em Didáctica das Ciências em Portugal: um balanço crítico. In Pimenta, S. G. (org.), *Didáctica e Formação de Professores: perspectivas e percursos no Brasil e em Portugal*. pp. 205-240. São Paulo, Brasil: Cortez Editora.