

Perguntas dos Estudantes e Aprendizagem de Conceitos em Química

Students' Questions and Chemistry Concept Learning

Francislê Neri de Souza

Departamento de Educação, Universidade de Aveiro – Portugal
fns@ua.pt

Resumo

Uma meta frequentemente citada para o ensino da Química consiste na resolução de novos problemas pelos alunos. Contudo, diversas investigações têm revelado que um dos impedimentos para a resolução de problemas é a deficiente compreensão de conceitos. A tradicional linha de pesquisa sobre “concepções alternativas” tem produzido um *corpus* com as dificuldades dos alunos nas mais diversas áreas do ensino das ciências. Levantar as concepções prévias podem ser realizadas através de diversas estratégias, sendo que muitas delas são de execução custosa para a rotina escolar. Como acreditamos que as perguntas formuladas pelos alunos no contexto de aprendizagem podem revelar dificuldades diversas sobre os conceitos, apresentamos a análise das dificuldades identificadas, quer estas indiquem pré-concepções, concepções alternativas ou simplesmente revelem falta de conhecimentos. Este estudo mostra a importância de estimular as perguntas dos alunos, sendo estas reveladoras das dificuldades conceituais prévias e as que surgem no processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: Questionamento, Dificuldade conceitual, Aprendizagem de Química

Abstract

One aim frequently cited for teaching chemistry is to solve new problems by students. However, several researches have revealed that one of impediments to solving problems is the poor understanding of concepts. The traditional line of research on "alternative conceptions" has produced a *corpus* of students' difficulties in several areas of science education. Raise theirs preconceptions can be accomplished through various strategies, many of which are costly to run on school routine. Because we believe that the questions asked by students in the learning environment may prove difficult on several concepts of chemistry, we present an analysis of the difficulties identified, indicate whether these preconceptions, misconceptions or simply showed a lack of knowledge. This study shows the importance of stimulating students' questions, which are revealing of the previous conceptual difficulties and difficulties that arise in the process of teaching and learning.

Keywords: Questioning, Conceptual difficult, Chemistry Learning

Introdução

Muitos professores de Química admitem a existência de conceitos de difícil compreensão; procurar saber por que razão certos conceitos são de difícil compreensão é de grande valia

para a contextualização e fundamentação dos instrumentos e estratégias para o ensino e aprendizagem da Química, servindo igualmente para orientar as diversas linhas de investigação em Educação em Química.

Muitos pesquisadores apontam a natureza teórica e abstracta de alguns tópicos do currículo de Química como fonte das dificuldades dos alunos. Por exemplo, na investigação sobre a compreensão do conceito de mole, LARSON (1997) afirma que, devido à sua natureza teórica e abstracta, este conceito tem sido reconhecido como um dos mais difíceis tópicos do ensino e aprendizagem no currículo de Química.

Outro conceito de Química que é motivo de muitos estudos devido ao seu alto grau de abstração é o conceito de orbital. Concordamos com MACKINNON (1999), quando afirma que este é um dos principais problemas numa disciplina de introdução à Química:

“O estudo da Química inclui muitos conceitos abstractos em que os alunos podem encontrar dificuldades de compreensão. Uma parte fundamental e preocupante num curso introdutório de Química é o tópico da configuração electrónica e especificamente a mecânica quântica de orbitais” (p.1).

Todo o aluno tem o seu próprio “conceito” de calor, trabalho e energia antes de lidar com eles num ambiente académico. Existe, portanto, uma diferença importante entre os esquemas conceituais que os alunos trazem e os conceitos que os químicos aceitam como correctos. Os esquemas conceptuais dos alunos desenvolvem-se naturalmente como resultado das suas experiências informais (espontâneas). Uma das funções do professor de química consiste em ajudar os alunos a modificar estes esquemas informais caso seja necessário, conduzindo-os a um esquema conceptual formal, cientificamente aceite.

Muitos investigadores designam os “conceitos informais” como “conceitos alternativos”, ou como lhes chamava VIGOTSKY (1998), “conceitos espontâneos”. Outros evitam expressões como “conceitos errados”, afirmando que têm uma conotação negativa que deveria ser evitada. Também HERRON (1996) considera que tal argumento tem o seu mérito, mas ignora a razão da expressão “conceitos errados”, com uma conotação negativa para alguns.

Aprender é impossível sem a discrepância (conflito) entre o entendimento informal e os conceitos científicos. Os conceitos errados são uma parte necessária do crescimento intelectual. Por isso, não deveriam ser ignorados como agentes que podem revelar dificuldades de aprendizagem dos alunos. Se as dificuldades de aprendizagem fossem tão diversas quanto o número de alunos existentes numa sala de aula, não teria sentido investigar as dificuldades que estes têm em comum. É por se saber que existem dificuldades e erros conceptuais comuns a vários alunos que procuramos identificar tais dificuldades, para tratá-las de forma apropriada.

A análise das dificuldades conceptuais permite clarificar a natureza do conceito que desejamos ensinar, sugerir algumas razões para as dificuldades de aprendizagem do conceito, fornecendo indícios para uma bem sucedida estratégia de ensino. O problema é como se pode obter de forma pragmática as dificuldades conceptuais dos alunos a tempo de poder proceder processos de ensino e de aprendizagem que faça frente as dificuldades identificadas. Neste artigo sugerimos que o estímulo as perguntas dos estudantes, bem como sua análise por parte do professor é uma fonte acessível e prática para perscrutar as dificuldades dos alunos em tempo real no processo de ensino. Esta pesquisa foi realizada com estudantes universitários do primeiro ano na Universidade de Aveiro – Portugal, do qual se descreverá com mais detalhes adiante.

Como determinar as dificuldades conceptuais dos estudantes?

Poderíamos admitir a possibilidade de identificar as dificuldades de aprendizagem dos alunos exclusivamente através de testes de avaliação. No entanto, nem sempre é possível estabelecer uma relação direta entre erros e/ou acertos detectados nos testes e dificuldades conceituais, nem tão pouco se compreendem adequadamente os conceitos apresentados pelos alunos nos testes. HERRON (1996) sugere que uma das formas de identificar as dificuldades de compreensão dos alunos de Química consiste em estar atento ao que eles expressam. Expressões incorretas como “considerar 2 átomos de água” devem ser questionadas. Para este autor (ibidem), outros meios podem ser usados para indicar as dificuldades de compreensão dos estudantes: “A cuidadosa leitura dos relatórios de laboratório, das tarefas de casa e dos testes escritos fornece bons indicadores de deficiente compreensão conceitual e permite descortinar a compreensão errada dos conceitos” (p.143).

Frequentemente, temos a percepção de não conseguirmos definir algo que entendemos. Também sabemos que uma definição que tenha pouco significado para o aluno corre o risco de ser memorizada, tendo um valor limitado na avaliação do entendimento conceitual. Concordamos com HERRON quando afirma que, seja qual for o método de perscrutação do entendimento conceitual do aluno, terá sempre limitações. “Todos os esforços para examinar o entendimento conceitual – incluindo o desempenho em testes, portfolios e outros procedimentos normalmente defendidos como alternativa aos formatos dos tradicionais testes – têm limitações” (p.144).

A articulação de um conjunto de instrumentos e métodos para indagar as dificuldade dos alunos pode ser sempre mais eficiente que qualquer método isolado ou conjunto sem articulação. Muitos investigadores articulam entrevistas, questionários, portfolios para obter informações sobre dificuldades de aprendizagem dos alunos com relativo sucesso. Contudo, poucas investigações recorrem às perguntas dos estudantes para descortinar as suas dificuldades.

Alguns pesquisadores (MASKILL e PEDROSA DE JESUS, 1997; NERI DE SOUZA, 2006) desenvolveram um método para identificar as dificuldades de aprendizagem dos alunos usando perguntas que estes formulam: “O acto de formular perguntas estimula o processo de pensamento de quem questiona e revela as ideias e concepções por detrás das perguntas” (MASKILL e PEDROSA DE JESUS, 1997, p.782).

Numa visão construtivista da aprendizagem, compreendemos que é essencial o conhecimento das ideias prévias dos alunos e que estas podem constituir uma fonte de dificuldades na aprendizagem. Estes autores também acreditam que as perguntas dos alunos podem constituir uma maneira mais adequada de obter informações sobre as ideias que causam problemas na aprendizagem do que outros métodos tradicionalmente usados.

MASKILL e PEDROSA DE JESUS (1997) conduziram esta investigação com 6 turmas de alunos do ensino básico em Portugal, com idades entre 15 e 16 anos, nas aulas que abordavam os conceitos de calor, temperatura e energia. Era pedido aos alunos que escrevessem as perguntas que quisessem após pausas introduzidas pelo professor durante a aula. Após análise de 558 perguntas formuladas por 183 alunos em 10 aulas, estes autores chegaram à conclusão que a grande maioria das perguntas (85%) se enraizava na necessidade de melhores explicações e de inter-relação de assuntos. A análise das perguntas também mostrou que muitas das dificuldades dos alunos não são oriundas de concepções alternativas, ao contrário do que tem sido descrito na literatura. Ou seja, somente 15% das perguntas revelaram, segundo os autores, estruturas explicitamente alternativas.

Neste trabalho, 60% das perguntas foram feitas sobre o conceito de temperatura, 20% sobre energia e 13% sobre calor. Para os autores, a maioria das perguntas reflecte dificuldades relacionadas com falta de conhecimentos básicos e com ausência de conceitos complexos e

abstractos. Outra fonte de dificuldade reside nas relações entre conceitos, principalmente na distinção entre conceitos de temperatura, calor e energia. As perguntas dos alunos podem revelar dificuldades e concepções alternativas que frequentemente não são reveladas pelos métodos tradicionalmente utilizados. Do ponto de vista da investigação, o cruzamento de diversos métodos pode ser mais profícuo que a adoção de um único método.

Perfil de Questionamento dos Alunos

Quando se analisa o padrão de questionamento em sala de aula deve-se estudar o perfil de questionamento do professor e dos alunos e sua inter-relação em diversas dimensões em sala de aula. Estas dimensões estuda a quantidade e a qualidade das perguntas formuladas por estes agentes em diversos contextos de ensino e aprendizagem (NERI DE SOUZA, 2011; NERI DE SOUZA e ROCHA, 2011).

Nas últimas décadas diversas investigações têm mostrado a grande frequência e baixa qualidade das perguntas dos professores em sala de aula, em detrimento da baixa quantidade e qualidade das perguntas dos alunos em todos os níveis de ensino (PEDROSA DE JESUS, 1991; NERI DE SOUZA, 2006). Este quadro permanece inalterado durante décadas. Por exemplo, SCHREIBER (1967) encontrou em aulas de estudo sociais para alunos das séries iniciais, que os professores formulavam 64 perguntas durante aulas de 30 minutos. Na década de oitenta e noventa o cenário não mudou, na investigação de LATER, LEVIN e LONG (1981) concluíram que os professores formulavam entre 300 a 400 perguntas por dia, e PEDROSA DE JESUS (1991) investigou aulas de física e química, no ensino básico, para constatar que formulavam de 2-3 perguntas por minuto em média.

Na última década estes dados são reforçados como no trabalho de KERRY (2002) que conjecturou que se os professores fazem, em média, 43.6 perguntas por hora, durante sua carreira formularão em média 2 milhões de perguntas. Mais recentemente ALMEIDA e NERI DE SOUZA (2010), encontraram que os professores formularam mais de 65% das perguntas em sala de aula e estas foram em média 2 por minuto.

Por outro lado, estas pesquisas mostram também que os alunos praticamente não formulam, ou formulam pouquíssimas perguntas em sala de aula (PEDROSA DE JESUS, NERI DE SOUZA, TEIXEIRA-DIAS e WATTS, 2005; NERI DE SOUZA e MOREIRA 2011). Em alguns contextos chegam a formularem, em média, menos de uma pergunta por semana. Considerando a importância do questionamento dos alunos para suas próprias aprendizagens temos um quadro duplamente difícil, porque não temos, nem o envolvimento ativo dos alunos nas suas aprendizagens, nem como compreender as suas dificuldades conceituais através das suas perguntas.

Estes vários autores também apontam para a necessidade de motivar as perguntas dos alunos nos contextos das aulas presenciais (teóricas, laboratórios etc.) e mesmo na interação *online* com os estudantes (NERI DE SOUZA e MOREIRA 2011). Neste artigo relatamos um experiência bem sucedida de um conjunto de estratégias e ferramentas utilizadas para estimular o questionamento de estudantes de Química I e II do 1º ano dos cursos de Ciências e Engenharias da Universidade de Aveiro. Aqui iremos nos concentrar exclusivamente no potencial que a análise destas perguntas tem para revelar as dificuldades conceituais destes estudantes, bem como contextualizar a forma pragmática que este estímulo ao questionamento pode ser introduzido em sala de aula. Este artigo faz parte de um trabalho mais amplo (NERI DE SOUZA, 2006), do qual relatamos aqui somente uma parte ainda não publicada.

Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida em três estudos, sendo o estudo piloto o primeiro deles (2000/2001), com a duração de dois semestres letivos. O segundo estudo (2001/2002) foi desenvolvido durante um semestre e o terceiro (2002/2003) em dois semestres letivos (NERI DE SOUZA, 2006). Neste último, foi realizado um estudo de aprofundamento, que visava compreender melhor algumas dificuldades dos estudantes sobre conceitos de termoquímica, tendo ainda acompanhado, no último semestre, um grupo de 3 estudantes no contexto do desenvolvimento de mini-projetos.

Com o objectivo de promover a formulação de perguntas e facilitar o seu envio ao professor foram desenvolvidos os seguintes instrumentos:

(i) **Caixas de Questões** - em material acrílico transparente que tem num dos lados uma pequena gaveta com um bloco de papel. Algumas Caixas de Questões foram intencional e estrategicamente colocadas nas aulas teórico-práticas e nos laboratórios, agindo também como um incentivo às perguntas.

(ii) **Programa <Q/Q> (comunicação via Internet)** - é uma adaptação do *software Webct 3.0*, LMS usado em contexto de *bLearning*. Foi desenvolvido tanto para permitir acesso, por palavra-passe, através de uma série de computadores nos corredores do edifício e nas salas de informática, como também acesso pela internet fora da universidade, permitindo que os estudantes enviassem perguntas à distância ao entrar no sistema a qualquer hora do dia.

Todos estes instrumentos tinham um logótipo que os identificava, como se pode ver na Figura 1, a seguir.



Figura 1 Logótipo usado em todos os instrumentos

Estes instrumentos foram desenvolvidos nos contextos de estratégias de ensino e de aprendizagem. As estratégias foram usadas e desenvolvidas em toda a investigação com a intenção de promover um ambiente de aprendizagem ativa, onde o questionamento e as perguntas dos estudantes desempenharam um papel central:

- i) **Aulas teóricas** – procuraram motivar os estudantes através de estratégias diversificadas e contextualização curricular.
- ii) **Aulas teórico-práticas** – centradas na resolução de “casos para estudo”;
- iii) **Aulas práticas** – centradas no questionamento e na autonomia dos estudantes;
- iv) **Aulas suplementares** – proporcionaram apoio para as dúvidas e dificuldades dos estudantes.
- v) **Aulas “Questões em Química” <Q/Q>** – baseadas nas questões dos estudantes sobre um tema específico. Estas perguntas eram solicitadas em aulas prévias sobre conteúdos que seriam discutidos na próxima aula.
- vi) **Aulas conferência** – baseadas em temas de elevado interesse científico, tecnológico e social.

vii) **Mini-projetos** – trabalhos sobre temas escolhidos pelos estudantes, visando incentivar o trabalho em grupo e proporcionar uma ideia do que é a investigação em Química.

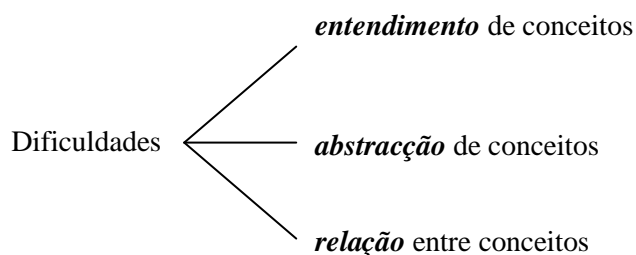
Para alcançar os objectivos propostos, utilizou-se uma metodologia de investigação qualitativa do tipo naturalista-etnográfica na perspectiva da teoria fundamentada (Grounded Theory). A recolha de dados foi feita através de observação direta das aulas, observação participante, entrevistas semi-estruturadas, questionários que incluíam situações-problema, registos de acesso ao computador, e ainda as explicações e perguntas dos estudantes. Foram utilizadas gravações em áudio e/ou vídeo nos diversos contextos da recolha de dados.

As perguntas escritas pelos estudantes, nos seus diversos contextos, foram analisadas quanto ao seu sentido semântico e qualidade cognitiva, tendo sido definidos indicadores de qualidade. Foram também analisadas as perguntas induzidas pela leitura de um pequeno texto científico, bem como as explicações perante situações-problema específicas. No entanto, neste artigo iremos dar conta somente da análise realizada para identificar algumas das dificuldades em Química reveladas pelas perguntas dos estudantes. Embora se tenha utilizado a teoria fundamentada como metodologia para todo o trabalho de pesquisa, a seguir descrevemos a metodologia em termos da análise de conteúdo realizada para se chegar aos resultados específicos deste artigo.

Categorias de Análise para as Dificuldades Reveladas Pelas Perguntas dos Estudantes

O número total de perguntas dos estudantes a analisar são 531 perguntas escritas (135 do primeiro estudo, 226 do segundo e 170 do terceiro) tendo em vista descortinar as barreiras ou dificuldades de aprendizagem dos estudantes nos diversos conteúdos de Química. Considerando que nos três anos em estudos em análise os conteúdos das disciplinas Química I e Química II permaneceram praticamente inalterados, tomamos tais conteúdos como organizadores iniciais da nossa análise. Uma caracterização dos estudantes de cada estudo, bem como os diversos tipos de análise feita neste e noutro *corpus* de dados podem ser lido no trabalho ainda não totalmente publicado de NERI DE SOUZA (2006).

As dificuldades dos estudantes reveladas através das suas perguntas foram classificadas em três categorias principais: *conceitos*, *linguagem* e *aplicação*. Por sua vez, as dificuldades conceptuais foram subdivididas em dificuldades de *entendimento*, de *abstracção* e de *relação*. Foi frequente encontrarmos dificuldades de *entendimento* de conceitos e de procedimentos, sobretudo com novos conceitos com os quais os alunos não tiveram contacto no ensino secundário ou que suscitavam conflito com os conceitos apreendidos na Universidade. Nas dificuldades decorrentes da *abstracção*, foram classificadas as perguntas que mostraram dificuldades com conceitos abstractos, por exemplo, conceitos ao nível atómico-molecular. A dificuldade na relação entre conceitos também foi observada na subcategoria *relação*.

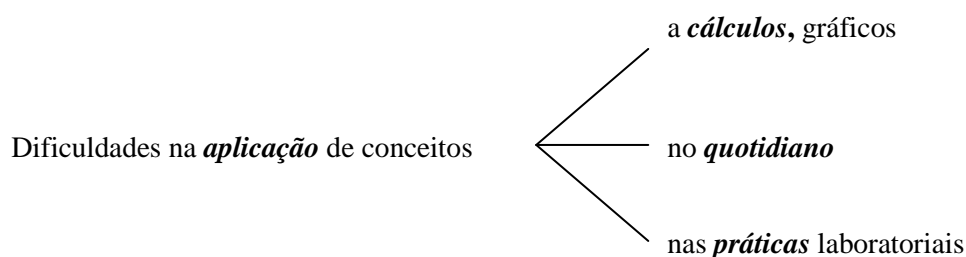


As perguntas que revelaram dificuldades com a linguagem científica em relação à linguagem do dia-a-dia foram classificadas na categoria *linguagem*. Na categoria *aplicação*, consideramos três subcategorias: a dos *cálculos*, a do *quotidiano* e a das *práticas* laboratoriais. Nestas subcategorias, foram identificadas dificuldades dos estudantes:

i) na aplicação de determinados conhecimentos ou conceitos em operações de cálculos, com gráficos e/ou exercícios;

ii) na aplicação ou na relação dos seus conhecimentos com fenômenos do cotidiano, ou seja, na aplicação do conhecimento a situações do dia-a-dia, ou na transposição para situações do cotidiano ou experimentais;

iii) na aplicação dos conhecimentos e dos conceitos nas aulas práticas, isto é, na execução e na compreensão teórica dos trabalhos laboratoriais.



Depois procurámos conjugar os vários conteúdos de química onde foram enviadas perguntas com os tipos de dificuldades encontradas, e que poderiam de alguma forma revelar um sentido mais generalizado e transversal. Para a análise destas categorias usámos o programa de análise qualitativa N6 (RICHARDS e RICHARDS, 2002), mas atualmente estas perguntas podem ser analisadas com grandes vantagens e flexibilidade no WebQDA (NERI DE SOUZA, COSTA e MOREIRA 2011). A seguir, apresentaremos uma visão geral dos números de perguntas enviadas sobre cada conteúdo nos três estudos, para depois analisarmos em maior profundidade o tipo de dificuldade encontrada em um dos conteúdos.

Análise de algumas dificuldades em Química

Apesar desta pesquisa ter sido realizado nas disciplinas de Química I e II, existem algumas perguntas relacionadas com os conteúdos de Química I, formuladas no segundo semestre letivo e vice-versa. Ou seja, temos perguntas no primeiro semestre relativas a conteúdos que iriam ser discutidos no segundo semestre na disciplina de Química II. Portanto, apesar de apresentarmos os resultados por disciplina, as classificações das perguntas seguem o sentido da sua interpretação semântica de dificuldade relacionada aos conteúdos específicos de Química. No início do primeiro estudo surgiram algumas perguntas que não estavam diretamente ligadas com os conteúdos leccionados na disciplina. Tais perguntas não foram consideradas nesta análise.

Tabela 1 Perguntas por conteúdos de Química I

<i>estudo</i>	<i>Água e Soluções</i>	<i>Arquitetura Molecular</i>	<i>Termodinâmica Química</i>	<i>Total/estudo</i>
Primeiro	12	27	12	51
Segundo	0	1	2	3
Terceiro	49	6	33	88
<i>Total/Conteúdo</i>	61	34	47	142

Na Tabela 1, apresentamos a totalidade das perguntas distribuídas pelos conteúdos da disciplina de Química I. No terceiro estudo, houve necessidade de classificar algumas perguntas simultaneamente nos capítulos “Água e Soluções” e “Termodinâmica Química”. Por isso, o número total de perguntas na Tabela 1 é maior do que o número efetivo de perguntas. Nos três estudos, o número total de perguntas para cada conteúdo letivo é 61 para “Água e Soluções”, 47 para “Termodinâmica Química” e 34 para “Arquitetura Molecular”.

Na Tabela 2, apresentamos o número de perguntas distribuídas por conteúdos lectivos de Química II. Aqui também existem algumas perguntas incluídas em mais do que um conteúdo.

Tabela 2 Perguntas por conteúdos de Química II

<i>Estudo</i>	<i>Ácidos e Bases</i>	<i>Electroquímica</i>	<i>Cinética</i>	<i>Q.Nuclear</i>	<i>Q.Carbono</i>	<i>Total</i>
Primeiro	8	12	1	21	13	55
Segundo	98	64	41	3	16	222
Terceiro	17	20	4	13	26	80
<i>Total/conteúdo</i>	123	96	46	37	55	357

No global, os conteúdos que tiveram menor número de perguntas foram: “Arquitetura Molecular” (N=34) em Química I, e “Química Nuclear” (N=37) em Química II. As perguntas sobre “Ácidos e Bases” surgiram em maior número (N=123) nos três estudos.

Em relação às dificuldades reveladas pelas perguntas, apresentamos na Tabela 3 o número global para as três categorias (*Conceitos, Linguagem e Aplicação*) e respectivas subcategorias.

Tabela 3 Perguntas classificadas de acordo com as dificuldades encontradas

<i>Estudo</i>	<i>Conceitos</i>			<i>Linguagem</i>	<i>Aplicação</i>		
	<i>Entendimento</i>	<i>Abstração</i>	<i>Relação</i>		<i>Cálculos</i>	<i>Quotidiano</i>	<i>Práticas</i>
Primeiro	46	19	21	7	4	37	6
Segundo	92	13	16	2	3	69	63
Terceiro	53	29	18	13	5	57	25

As dificuldades com os vários *conceitos* tratados durante o ano lectivo estão presentes, em média, em mais de 55% das perguntas nos três estudos. As dificuldades com a aplicação dos conteúdos nas aulas práticas, no *quotidiano* e nos *cálculos* estão presentes, em média, em 47% das perguntas. Por último, as dificuldades com a *linguagem* estão presentes em aproximadamente 4% das perguntas. Mesmo considerando que algumas perguntas apresentaram mais de uma dificuldade e foram, portanto, classificadas em mais de uma subcategoria, dificuldades com o *entendimento* dos conceitos foram as que se apresentaram em maior número (N=191), seguida pela *aplicação* dos conteúdos ao *quotidiano* (N=163) e das *práticas laboratoriais* (N=94). Embora dificuldades com a *abstração* dos conceitos (N=61) e com as *relações* entre conceitos (N=55) estejam presentes num número relevante de

perguntas, é sem dúvida no *entendimento* e na *aplicação* que os estudantes revelaram maiores dificuldades conceptuais.

Após esta visão geral sobre a distribuição das dificuldades reveladas pelas perguntas nos três estudos, NERI DE SOUZA (2006) discute, com maior detalhe, as principais dificuldades identificadas em cada um dos conteúdos de Química I e II. Aqui iremos discutir apenas as perguntas sobre o primeiro tópico da Tabela 1 *Águas e Soluções*.

Perguntas sobre *Água e Soluções*

As perguntas ligadas a este tema correspondem a 9% das perguntas do 1º estudo e a 29% do terceiro estudo. No segundo estudo, não houve perguntas ligadas a estes conteúdos pelo facto de ter sido realizado apenas no segundo semestre (Química II). Isto corresponde a uma média de 12% de todas as perguntas feitas pelos estudantes ao longo dos três estudos. Na Tabela 4 apresentamos as dificuldades identificadas pelas perguntas sobre estes temas.

Tabela 4 Dificuldades encontradas nas perguntas sobre o tema *Água e Soluções*

	<i>Conceitos</i>			<i>Linguagem</i>	<i>Aplicação</i>		
	<i>Entendimento</i>	<i>Abstração</i>	<i>Relação</i>		<i>Cálculos</i>	<i>Quotidiano</i>	<i>Práticas</i>
<i>Água e soluções</i>	17	8	9	1	2	16	18
<i>Aula <Q/Q></i>	5	1	1	0	0	2	0

Algumas perguntas foram classificadas em mais de uma categoria por apresentarem mais do que um tipo de dificuldade. Por exemplo, perguntas houve que visaram obter um melhor entendimento do conceito de “hidratos de gás” e, particularmente, “hidratos de metano”, na secção intitulada “Gelo Inflamável”, do capítulo “Água e Soluções Aquosas”. Talvez por ser um tema novo, não abordado no ensino secundário, o tema “hidratos de metano” suscitou dificuldades de compreensão, de abstração e de aplicação prática:

- “Duas ou mais moléculas de metano têm tendência a entrarem numa mesma “gaiola” de moléculas de água ou a permanecer isoladas em “gaiolas” distintas?”
- “Como retirar o hidrogénio do hidrato de metano ou de outros hidrocarbonetos sem libertar o carbono na forma de CO₂ ou de outros gases de efeito de estufa? O que fazer com o carbono que resta?”
- “Queria mais informações sobre os hidratos de carbono, “gelo inflamável”, tais como, onde foram encontrados e quais os benefícios para a sociedade.”

As perguntas formuladas no contexto de uma aula especial, chamada Aula <Q/Q>, sobre “Água e Soluções Aquosas” têm os seus conteúdos ligados a aplicações no quotidiano e, principalmente, no entendimento dos conceitos, de que as perguntas anteriormente citadas também são exemplos.

Um aspecto interessante com respeito à última pergunta citada, é que esta foi enviada muito depois do professor apresentar o assunto na aula. O professor falou sobre os *Hidratos de Metano* numa aula teórica do dia 9 de Outubro (1º estudo), e somente um mês depois do

assunto ter sido apresentado é que o estudante enviou esta pergunta. É importante relembrar que o Projeto <Q/Q> teve o seu início no dia 2 de Novembro. Este facto pode indicar que o projeto representou para este estudante uma forma de interagir com o professor através de um questionamento que, de outra forma, não teria acontecido.

A aplicação no quotidiano dos conteúdos dos temas “Água e Soluções Aquosas” também revelou dificuldades manifestadas de um grande número de perguntas (ver Tabela 4) que incidiram sobre gelo, tensão superficial e fase supercrítica da água. Tais perguntas procuravam sobretudo aplicar os conhecimentos adquiridos na sala de aula ao entendimento do mundo que nos rodeia. A seguir apresentamos alguns exemplos:

- “Como é que o fenómeno da fusão superficial influencia a patinagem no gelo?”
- “Gostaria que explicasse o motivo pelo qual as libelinhas conseguem manter-se à superfície da água de um lago? Deve-se à tensão superficial? Ou ao facto de dividirem o seu peso de forma equilibrada pelas patas?”

Alguns estudantes mostraram dificuldades em compreender determinados trabalhos práticos, tanto do ponto de vista teórico como da sua execução. Em especial, os trabalhos práticos ligados ao tema *Água e Soluções* foram bastante questionados (ver Tabela 4). Dois dos trabalhos mais questionados foram sobre transmitância/absorvência, um deles, e viscosidade, o outro. Apresentamos alguns exemplos de perguntas mostrando dificuldades ligadas com as práticas laboratoriais:

- “Após a realização do trabalho, surgiu-me uma dúvida que, por mais ou menos vã que pareça, vou colocar: será que a água tem 100% de transmitância, isto é, tem uma absorvência totalmente nula?”
- “Considere-se uma experimentação de que resulta um gráfico (tipo “massa em função do volume”): “em que situação experimental é importante considerar barras de erro nas abcissas?”
- “Por que razão a água tem uma viscosidade inferior à do etanol, quando deveria ser o contrário?”
- “A dúvida surgiu no trabalho prático “Detecção de iões”, em que a solução aquosa de NaCl conduz a corrente eléctrica e o NaCl no estado sólido não conduz, pois não há movimento de iões Na^+ e Cl^- . Logo, o cobre não devia conduzir, mas conduz! Porquê?”

A análise das perguntas sobre arquitetura molecular, termodinâmica química, electroquímica e os demais assunto apresentados nas Tabelas 1 e 2 são discutidas de forma aprofundada por NERI DE SOUZA (2006), no entanto esta parte da análise é suficiente para que se possa perceber as potencialidades que as perguntas dos estudantes contém no sentido de revelar as suas dificuldades conceituais. Sendo que estas perguntas revelam dificuldades as mais diversas no contexto da espontaneidade e da necessidade dos estudantes em cada conteúdo abordado pela docência. O resultado é diferente se aplicarmos um teste ou questionário sobre conteúdos específico. Neste caso poderíamos obter somente as dificuldades que este teste de avaliação se refere.

Em resumo, a análise das perguntas dos estudantes constitui um valioso instrumento de reconhecimento e diagnóstico das dificuldades conceptuais dos alunos, fornecendo ao professor pistas importantes para constante adequação de conteúdos letivos e métodos de ensino. Nossa análise mostra que as perguntas revelaram dificuldades sobretudo na compreensão dos conceitos ao nível da abstracção e das suas inter-relações (mobilização de conhecimentos pelo estudante), e na aplicação dos conteúdos ao quotidiano. O processo de

formulação de perguntas contribuiu para que os alunos procurassem estabelecer relações entre conceitos que de outro modo poderia não ter ocorrido. Na busca de estabelecer estas relações, revelaram dificuldades na compreensão dos conceitos e nas relações entre conceitos.

Algumas das perguntas das aulas <Q/Q> relacionavam-se com o tema proposto pelo professor, embora a maioria tenha sido formulada com base em conhecimentos prévios. Nalguns casos, tais perguntas correspondiam a simples pedidos de informação sobre os temas menos conhecidos. Em geral, a dinâmica imposta pelas aulas <Q/Q> e pelas aulas-conferência ajudaram aos estudantes a interagir mais com as matérias leccionadas, revelando naturalmente dificuldades dos alunos e propiciando um ambiente de aprendizagem mais ativo.

Como as estratégias de incentivo ao questionamento dos alunos podem ser facilmente incorporadas no dia a dia das aulas, acreditamos que o professor terá naturais ganhos na compreensão das dificuldades conceituais de seus alunos, podendo assim agir para melhorar o seu ensino. Neste estudo, o ato do professor reformular muitas das perguntas enviadas atribui ao ato de perguntar uma dimensão nova de formação e interação entre o professor e o estudante. Neste caso, o estudante tem a oportunidade de repensar o seu questionamento e o professor a oportunidade de reanalisar e objectivar as dificuldades do estudante. Este fato contribuiu significativamente para um dos objectivos do nosso trabalho que é a promoção das perguntas como ferramenta de reflexão tanto para professores como para alunos.

Agradecimentos

Nosso reconhecimento ao Centro de Investigação Didáctica e Tecnologia na Formação de Formadores – CIDTFF do Departamento de Educação da Universidade de Aveiro - Portugal, aos professores José Joaquim C. Teixeira Dias, Maria Helena G. F. Teixeira Pedrosa de Jesus ambos da Universidade de Aveiro e ao prof. Mike Watts de Brunel University - UK pelas contribuições valiosas na elaboração desta pesquisa.

Referencias

ALMEIDA, P.; NERI DE SOUZA, F. Questioning Profiles in Secondary Science Classrooms. *International Journal Learning and Change* [S.I.], v. 4, n. 3, p. 237-251, 2010.

HERRON, J. D. *The Chemistry Classroom. Formulas for successful teaching*. Washington, DC.: American Chemical Society, 1996.

KERRY, T. *Explaining and Questioning*. 1^a. ed. London: Nelson Thornes Ltd, 2002. (Mastering teaching skills series).

LARSON, J. O. Constructing Understandings of the Mole Concept: Interactions of Chemistry Text, Teacher and Learners. In: Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (70th, Oak Brook, IL, March 21-24, 1997) 22 p. ERIC_NO: ED405211. 1997.

LEVIN, T.; LONG, R. *Effective Instruction*. Washington, D. C: Association for Supervision and Curriculum Development, 1981.

MACKINNON, G. R. Students' Understanding of Orbitals: A Survey. ERIC_NO: ED433248 [S.I.], 1999.

MASKILL, R.; PEDROSA DE JESUS, H. Pupils' questions, alternative frameworks and the design of science teaching. *International Journal of Science Education* [S.I.], v. 19, n. 7, p. 781-799, 1997.

NERI DE SOUZA, F. *Perguntas na Aprendizagem de Química no Ensino Superior*. (2006). 530 f. Tese Doutorado (Doutor) - Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2006.

_____. Competência de Questionamento em cursos híbridos (Blended Learning). In: LEÃO, M. B. C. (Ed.). *Tecnologias na Educação: Uma Abordagem Crítica para uma Atuação Prática*. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2011. Cap.4. p. 57-70.

NERI DE SOUZA, F.; COSTA, A. P.; MOREIRA, A. Análise de Dados Qualitativos Suportada pelo Software WebQDA. In: VII International Conference on ICT in Education (Challenges), 12-13 Maio, Universidade do Minho. Universidade do Minho, 2011.

NERI DE SOUZA, F.; MOREIRA, A. Perfis de Questionamento em Contextos de Aprendizagem Online. *Revista Iberoamericana de Informática Educativa* [S.I.], v. (in press), 2011.

NERI DE SOUZA, F.; ROCHA, L. S. Blogs Escolares: desenvolvendo uma aprendizagem ativa. In: LEÃO, M. B. C. (Ed.). *Tecnologias na Educação: Uma Abordagem Crítica para uma Atuação Prática*. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2011. Cap.13. p. 163-179.

PEDROSA DE JESUS, H. *An Investigation of Pupils' Questions in Science Teaching*. (1991). 179 f. Ph.D. Thesis - Chemical Education Sector - School of Chemical Sciences, University of East Anglia, Norwich, U.K., 1991.

PEDROSA DE JESUS, H.; NERI DE SOUZA, F.; TEIXEIRA-DIAS, J. J. C.; WATTS, M. Organising the chemistry of question-based learning: a case study. *Research in Science & Technological Education* [S.I.], v. 23, n. 2, p. 179-193, 2005.

RICHARDS, T.; RICHARDS, L. Non-numerical Unstructured Data Indexing Searching & Theorizing. Qualitative Data analysis program. Melbourne, Australia: QSR International Pty Ltd, 2002.

SCHREIBER, J. E. *Teachers' question-asking techniques in social studies*. (1967). (Ph.D. thesis), University of Iowa, Iowa, 1967.

VIGOTSKI, L. S. *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1998.