

COM ISÓTOPOS NA MENTE E DALTON NO CORAÇÃO**Alexandre Medeiros**

Departamento de Física e Matemática, UFRPE, Pernambuco

E-mail: med@hotlink.com.br**Resumo**

A presente pesquisa tenta retratar as sintonias e os desencontros observados entre as visões de um conjunto de professores e de estudantes a respeito do conceito de isótopos e o desenvolvimento histórico daquele conceito. A análise dos resultados da pesquisa conduziu a uma visão de que embora uma parcela representativa de tais indivíduos seja capaz de enunciar uma razoável definição da idéia de isótopos, não obtém o mesmo sucesso na utilização da idéia em questões bastante elementares. Tudo leva a crer que o conhecimento exibido encontra-se meramente ao nível da memorização de uma definição padronizada, sem a incorporação do respectivo significado da mesma em sua abrangência e profundidade. Considerações a respeito do papel a ser desempenhado pela história da ciência no ensino são feitas a partir da análise dos discursos coletados confrontados com o desenvolvimento histórico do tema em pauta.

Introdução

Nos últimos anos uma grande quantidade de pesquisas tem apontado na direção de uma maior utilização da história da ciência no ensino das ciências (Chapman, 1979; Cantor, 1981; Jenkins, 1989; Nielsen & Thomsen, 1989; Mathews, 1990; Medeiros, 1992; Matthews, 1994; para mencionar apenas alguns). Tem sido enfatizada a importância de uma abordagem que incorpore elementos históricos no sentido de comunicar uma idéia da natureza da ciência mais próxima da complexidade da atividade de pesquisa (Tawney, 1974; Bonera, 1983; Koulaidis, 1989; Medeiros, 1992). O ensino tradicional, por outro lado, tem caracterizado-se como uma mera “retórica de conclusões” onde o contexto da descoberta praticamente não tem sido mencionado (Schawbb, 1960; Finegold, 1974). A visão de ciência que se pode tirar de um tal ensino tem sido descrita como uma mera caricatura do empreendimento científico ao qual se refere (Kuhn, 1970; Siegel, 1979). Um certo paralelismo entre as concepções dos estudantes e aquelas encontradas ao longo da história, tem sido documentado (Piaget & Garcia, 1983), embora os exageros em tais paralelismos tenham sido igualmente devidamente criticados (Driver, Guesne & Tiberghien, 1985; Lythcott, 1985). O tema requer, sem dúvida, um aprofundamento analítico que enfoque estudos de casos históricos que possam subsidiar avaliações mais cuidadosas das semelhanças e das diferenças entre aquilo que pensam os atores do processo educativo, a respeito de determinados conceitos científicos, e o que pode ser percebido em tais incursões históricas. Baseando-se na incursão histórica sobre o desenvolvimento da idéia de isótopos apresentada por Medeiros (1999), esta investigação tenta colocar alguma luz no sentido de avaliar uma tal questão referente à idéia da plausibilidade ou não da existência de isótopos, assim como da sua conceituação entre estudantes e professores.

Metodologia

O presente estudo envolveu a realização de entrevistas individuais com trinta estudantes do segundo grau que haviam manifestado, antes de mais nada, gostarem das disciplinas 'química' e 'física'. Deste modo, tentou-se minimizar fatores ligados a aspectos motivacionais que pudessem interferir no desejo de uma melhor compreensão das idéias científicas colocadas em jogo. Foram também entrevistados dez professores de química e dez professores de física do curso secundário, todos com mais de dez anos de experiência profissional. Com isso tentou-se minimizar fatores ligados à pouca experiência do professor no tratamento pedagógico com os conceitos colocados em jogo. Complementando o grupo dos sujeitos da nossa pesquisa, foram entrevistados dez estudantes de licenciatura em química, dos últimos semestres, assim como dez estudantes de licenciatura em física, em situação semelhante. Foi utilizado um questionário semi-estruturado e as perguntas foram feitas numa seqüência tal que a continuidade da entrevista dependia do tipo de resposta fornecida. Assim sendo, não é de se admirar que as entrevistas com os professores e estudantes universitários tenham sido, em média, mais longas do que aquelas com os alunos do segundo grau. Embora os temas levantados fossem os mesmos, a forma de questionar variou um pouco procurando respeitar as diferenças existentes entre os distintos grupos de indivíduos. A pequena entrevista foi sempre antecedida por uma breve conversa sobre temas outros e também sobre a finalidade do estudo procurando descontrair os entrevistados. A pergunta inicial pedia para o indivíduo dizer se dois átomos de dois elementos diferentes eram semelhantes ou diferentes. Não foi perguntado explicitamente se eram iguais. No caso dos alunos do segundo grau foram utilizados casos contextualizados, como mencionar, por exemplo, um átomo de ferro e um de cobre, ou outros mais, no sentido de entenderem bem o que estava sendo questionado. A segunda pergunta repetia a situação da primeira, agora porém, referindo-se a dois átomos de um mesmo elemento. Mais uma vez, evitou-se falar explicitamente em igualdade. A terceira questão dizia respeito à conceituação dos isótopos e foi feita de modos diferentes entre os diversos grupos. Por exemplo, aos alunos do segundo grau foram feitas, inicialmente, perguntas tais como: "você já ouviu falar em isótopos?". Só após alguma resposta positiva, é que era perguntado se eles lembravam-se do que aquilo significava. Evitaram-se perguntas diretas que pudessem intimidar os alunos, como, por exemplo, pedir a todos uma definição explícita de isótopos. Só nos casos em que a resposta era afirmativa acerca da lembrança do significado é que foi pedido para tentarem dizer o que eram isótopos. As entrevistas prosseguiram, quando pertinente, pedindo alguns exemplos de isótopos. Foi perguntado, finalmente, igualmente quando pertinente, se o entrevistado via alguma relação do que havia acabado de conceituar a respeito de isótopos e as suas respostas anteriores. Neste ponto encerraram-se as entrevistas.

A análise das entrevistas requereu uma categorização das respostas obtidas dentre os diversos grupos. Como parte dessa categorização dizia respeito a comparações com o desenvolvimento histórico do tema em foco, foi necessário realizar um estudo histórico auxiliar que demandou consultas e leituras criteriosas a fontes secundárias de qualidade, assim como a fontes primárias como, por exemplo, trabalhos de John Dalton, William Ramsey, Francis William Aston, dentre outros apontados na bibliografia. A presente investigação insere-se dentro do paradigma qualitativo de análise, onde um mergulho em profundidade nos significados atribuídos substitui a busca de conclusões abrangentes. Assim sendo, a identificação das categorias e as análises individuais dos discursos coletados é que se constituíram no eixo investigativo. Deste modo, as regularidades identificadas, aqui apresentadas e comentadas, têm apenas a conotação interpretativa evitando-se conclusões generalizadoras. O fato, portanto, de que nas análises sejam apresentadas posições invariantes

identificadas nos discursos tem o intuito apenas de evitar repetições das análises individuais e não de dar-lhes qualquer tratamento estatístico.

Análise das Entrevistas

No tocante à primeira pergunta (se dois átomos de dois elementos diferentes eram semelhantes ou diferentes), a totalidade dos entrevistados salientou, de maneiras diversas, que *“dois átomos de elementos diferentes são diferentes”*.

No tocante à segunda pergunta (se dois átomos de um mesmo elemento eram semelhantes ou diferentes), dentre os vinte professores entrevistados (dez de química e dez de física), apenas dois deles (um de química e o outro de física) referiram-se logo de início aos isótopos. O restante, a despeito do longo tempo de ensino, foi unânime em optar pela igualdade. Quando provocados com a pergunta: *“iguais como?”*, no entanto, dois professores de química mudaram de idéia, afirmando, respectivamente: *“epa, aí depende. Tem os isótopos, né?”* e *“a gente tem que considerar também os isótopos”*. Os demais professores, mesmo provocados pelo *“iguais como?”* não modificaram suas respostas.

É importante notar que, embora a palavra *“igualdade”* tivesse sido evitada no questionamento, os entrevistados, em sua grande maioria, usaram-na explicitamente e de forma espontânea. Quando era-lhe perguntado: *“iguais como?”*, a resposta quase sempre envolvia afirmações do tipo: *“iguais, iguais”*; *“iguais em tudo”*, ou então *“iguais em peso”*. Esse padrão de resposta foi muito mais evidente entre os estudantes, tanto secundaristas quanto universitários, que na sua totalidade optaram inicialmente pela igualdade de dois átomos de um mesmo elemento. Quando provocados pelo *“iguais como?”*, apenas uma estudante de química modificou sua resposta, afirmando: *“o peso atômico pode ser diferente”*. Entre os secundaristas, a provocação não surtiu efeito. Respostas do tipo *“iguais em tudo”*, foram as mais frequentes com vários explicitando o peso.

A terceira questão, quando feita aos secundaristas, trouxe uma quase unanimidade de afirmações que diziam já terem ouvido falar de isótopos. Apenas três deles não lembravam da palavra. Questionando aqueles estudantes, do curso secundário, que lembravam-se da referida palavra sobre o seu significado, foi obtida uma enorme variedade de respostas, categorizadas; porém num número reduzido de categorias. Houve, por exemplo, os que lembravam-se de coisas descontraídas, como um que respondeu: *“É aquele negócio de prótons e neutrons, não é?”*; *“Como é mesmo? A massa dos prótons ...”*; *“diferente número de elétrons e mesmo de neutrons. É isso, né? Ah, sei não!”*. Um outro tipo de categoria observada, ainda que em uma menor quantidade de respostas, entre os secundaristas, foi constituído de respostas padronizadas, ainda que formalmente satisfatórias. Exemplos delas são: *“tem o mesmo lugar na tabela periódica, mas diferentes pesos atômicos”*; *“mesmo número de prótons e diferente número de neutrons”*; *“número atômico igual e número de massa diferente”*.

Quando formulada aos estudantes universitários, a pergunta sobre o que eram isótopos encontrou um número bem maior de respostas formalmente corretas. Apenas um estudante de física respondeu algo descontraído. Todos os demais saíram-se com o tipo de resposta padrão acima mencionado, falando por vezes na posição do elemento na tabela periódica, outras vezes mencionando pesos ou massas atômicas ou ainda falando dos números de

prótons e de neutrons. Dentre os professores de química e de física, nenhum deixou de apresentar uma definição aceitável como as acima comentadas.

A questão que perguntava se o entrevistado via alguma relação entre a sua conceituação de isótopos e as respostas dadas anteriormente teve um padrão de respostas muito diferente entre os secundaristas e os estudantes universitários e professores. Apenas um aluno secundarista, dentre os que haviam conceituado aceitavelmente os isótopos, percebeu uma contradição com sua resposta anterior de que átomos de um mesmo elemento são necessariamente iguais.

Dentre os estudantes universitários, a metade mudou de posição após conceituar aceitavelmente os isótopos e serem perguntados sobre a relação daquela resposta com as anteriores. A outra metade, no entanto, mostrou-se imune à provocação, conseguindo apresentar uma definição aceitável de isótopos, fazendo-a, paradoxalmente, manter-se paralela à crença de que átomos de um mesmo elemento são necessariamente iguais.

Dentre os professores de química a provocação surtiu bastante efeito. Todos mudaram o seu posicionamento anterior. Alguns riram da situação contraditória na qual haviam deixado se envolver. Outros ficaram preocupados sem saber como “*havam caído nessa*”. Dois deles disseram que iam “*aproveitar a idéia para elaborar uma questão numa prova*”. O restante não fez comentários. Nenhum fez considerações sobre qualquer repercussão educacional daquele inquietante desencontro. Entre os professores de física o tipo de resposta foi muito semelhante, sendo que um deles, porém, não percebeu qualquer desencontro entre a sua aceitável conceituação de isótopos e a sua idéia, anteriormente exposta, acerca da necessária igualdade de átomos de um mesmo elemento.

No tocante à exemplificação de isótopos argüida aos entrevistados que apresentaram uma definição aceitável dos mesmos, observou-se um interessante padrão de respostas: todos, sem qualquer exceção, optaram por mencionarem exemplos de isótopos radioativos. Dentre eles, o Urânio 235 foi o campeão absoluto das menções registradas. Nenhuma única menção aos isótopos não radioativos foi espontaneamente lembrada. Não se deve daqui inferir que os entrevistados, em sua totalidade, desconhecem tais isótopos. Apenas ficou registrado que essa idéia não parece ser espontaneamente convidativa, ao ponto de ser mencionada sem qualquer provocação. Uma falha desta pesquisa, agora perceptível, foi não ter sido, em seguida, provocada a discussão sobre tais isótopos, principalmente com os professores de química.

Como um complemento da pesquisa, perguntou-se, ainda, a uma parcela representativa dos professores de física e à totalidade dos de química, se sabiam algo sobre a história da descoberta dos isótopos. A quase totalidade respondeu negativamente. Os poucos que disseram que conheciam algo de tal desenvolvimento, não se aventuraram, no entanto, a tentarem qualquer retrospectiva, voluntariamente. Perguntados se sabiam quem havia sido Aston, entretanto, todos responderam que não, incluindo evidentemente aqueles que diziam conhecer algo do referido desenvolvimento histórico.

Algumas Considerações Históricas

Como foi tentado mostrar em artigo recente (Medeiros, 1999), a questão da plausibilidade da existência de isótopos na natureza está longe de ser algo trivial. Os resultados do presente estudo revelou um enorme desencontro entre suas compreensões da

teoria atômica e suas distintas capacidades de enunciar o conceito de isótopos. Como evidenciado na análise, parcela representativa dos entrevistados, demonstrou acreditar que átomos de um mesmo elemento têm pesos iguais. Quando questionados sobre a conceituação dos isótopos, uma parte não soube o que responder. Dentre os que forneceram respostas aceitáveis para aquele conceito, a quase totalidade não chegou a perceber o desencontro entre a conceituação apresentada e a crença em algo extremamente semelhante ao segundo postulado de Dalton para a teoria atômica.

Este desencontro revela o quanto a idéia revolucionária da existência de isótopos na natureza é ensinada de modo descontextualizado da história de sua construção. Ignorando as dificuldades e as disputas travadas ao longo da história, o conteúdo parece ser apresentado de uma forma ascética, desprovida de significado para o estudante.

No artigo acima mencionado (Medeiros, 1999) é oferecido um pequeno resgate histórico da construção do conceito de isótopos que possa vir a ser de algum contributo àqueles interessados na problemática da construção das idéias científicas. Afinal, como afirmou Weinberg, prêmio Nobel de física de 1979: *"nenhuma discussão dos pesos atômicos estaria completa sem um relato de como nossa moderna compreensão dos isótopos veio a se desenvolver"* (Weinberg, 1990, p. 82).

No contexto de uma retrospectiva histórica do intenso debate que culminou na aceitação dos isótopos não radiativos cabe apenas lembrar que *"a nossa história pode ser reconstruída, em boa parte, baseada nos próprios escritos de Aston, como o trabalho por ele publicado na revista Nature, no início do século, intitulado "Isotopes and Atomic Weights", assim como no discurso de apresentação do prêmio Nobel de química de 1922. Acompanhar uma tal história pode fornecer ao professor uma visão mais ampla para enfocar as próprias dificuldades encontradas pelos seus alunos na utilização da idéia da existência de isótopos."*

Aston lembra-nos que o segundo postulado da teoria atômica, enunciado por Dalton em 1801, estabelecia que: "átomos de um mesmo elemento são semelhantes uns aos outros e iguais em peso". Por mais de um século esta concepção vigorou, entre os atomistas, de forma hegemônica. Ainda que tenha vindo a ser superada, com os trabalhos de Aston, parece muito semelhante às idéias freqüentemente encontradas entre estudantes, segundo dados das nossas próprias pesquisas. E se isso é um fato, conhecer um pouco do caminho que levou ao seu abandono, pode ser de alguma utilidade para os seus professores" (Medeiros, 1999).

Conclusões

Ficou clara a necessidade de apresentar conclusões que fizessem a conexão entre os dados coletados nas entrevistas e a trajetória histórica do desenvolvimento da idéia de isótopos. De uma forma bem marcante ficou clara a existência de paralelismos entre as concepções atuais dos entrevistados e a trajetória histórica do desenvolvimento do conceito de isótopos.

A idéia de isótopos como elementos de massas diferentes, mas com as mesmas propriedades químicas e que por isso ocupariam o mesmo lugar na tabela periódica, passou, após os trabalhos de Aston, a ser aceita, de forma tão dominante que foi ganhando o aspecto de um lugar comum. Aquilo que por muito tempo pareceu a vários cientistas de renome como um autêntico absurdo e que requereu um intenso esforço e uma acesa disputa para o seu

estabelecimento, em meio a uma crítica vigorosa, foi sendo incorporado ao ensino como algo de aspecto quase trivial. Não é por acaso, portanto, que retirado do contexto histórico que lhe deu origem, o conceito de isótopos seja tão fácil de ser enunciado pelos professores quanto de ser esquecido pelos estudantes, que em última instância apenas recordam da definição, tal como possam recordarem-se de um verso, sem fazerem necessariamente um uso crítico da extensão e das consequências que um tal conceito carrega.

Aqueles professores interessados em que os seus alunos compreendam a ciência de uma maneira mais significativa, precisariam, portanto, fazer um esforço para romper o apelo inegável exercido por convicções dos seus alunos semelhantes ao segundo postulado de Dalton, ao invés de presentear-lhes com uma definição historicamente descontextualizada do que sejam isótopos. Se os professores não quiserem correr o risco de apresentarem as respostas antes que as perguntas tenham sido ao menos identificadas, a história da ciência terá, com certeza, um importante contributo a exercer no ensino.

Bibliografia

BONERA, G. (1983). Introductory Remarks: How and Why this Conference was Born. In P. Kennedy & F. Bevillacqua (eds.) *Proceedings of the International Conference on Using History of Physics in Innovative Physics Education*. Pavia: University of Pavia, Italia.

CANTOR, G. N. (1981). Criticism of the Projectile Theory of Light. *Physics Education*, vol. 16.

CHAPMAN, B. (1979). Special Relativity and the Michelson-Morley Experiment. *Physics Education*, vol. 14.

DRIVER, R. ; Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes: Open University Press.

FINEGOLD, M. (1974). Abandoned Paradigms: A Source of Materials for Discussion on the Nature of Research in Physics. *The Physics Teacher*, October.

JENKINS, E. (1989). *Why the History of Science?* In M. Shortland & A. Warwick (eds): *Teaching the History of Science*. Oxford: Basil Blackwell.

KOULAUDIS, V. (1989). Philosophy of Science: An Empirical Study of Teachers' Views. *International Journal of Science Education*, vol 11 (2).

KUHN, T. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.

LYTHCOTT, J. (1985). 'Aristotelian' was Given as the Answer, but What Was the Question? *American Journal of Physics*, vol. 53 (5).

MATTHEWS, M. (1990). History, Philosophy and Science Teaching: A Rapprochement. *Studies in Science Education*, vol. 18.

MATTHEWS, M. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.

MEDEIROS, A. (1999). Aston e a Descoberta dos Isótopos (submetido a publicação).

MEDEIROS, A. (1992). *Teachers of Physics Understanding of the Nature of Science with Particular Reference to the Development of Ideas of Force and Motion*. Unpublished PhD thesis. University of Leeds, Inglaterra.

NIELSEN, H. & THOMSEN, P. (1989). *History and Philosophy of Science in Physics Education*. Centre for Studies in Physics Education, University of Aarhus, Denmark, Unpublished paper.

PIAGET, J. & GARCIA, R. (1983). *Psychogenèse et Histoire des Sciences*. Paris, Flammarion.

SCHWABB, J. J. (1960). Enquiry, the Science Teacher and the Educator. *The Science Teacher*, October.

SIEGEL, H. (1979). On the Distortion of the History of Science in Science Education. *Science Education*, vol. 63 (1).

TAWNEY, D. (1974). The Nature of Science and Scientific Inquiry. In C. Sutton & J. Haysom (eds.): *The Art of the Science Teacher*. London: McGraw-Hill.