

O CONCEITO DE UNIDADE DE MASSA ATÔMICA NO LIVRO DIDÁTICO SOB UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA E FILOSÓFICA DA CIÊNCIA

**Abraão Felix da Penha¹, Álvaro Lima Machado², Carmen Silvia da Silva Sá³, Tatiana do
Amaral Varjão⁴**

Universidade do Estado da Bahia / Departamento de Ciências Exatas e da Terra -Campus I
¹afpenha@uneb.br, ²alma@uneb.br, ³csa@uneb.br, ⁴tvarjao@uneb.br

Abstract

This paper aims to analyze the concept of unified atomic mass unit on student's books indicated by PNLEM, under the perspective of History and Philosophy of Science, opposing to what is commonly observed, of normative character, from IUPAC. The goal is to sustain a discussion regarding the construct of this concept in the teaching-learning process.

Keywords: unified atomic mass unit, teaching of concepts, History and Philosophy of Science

Resumo

Este trabalho procura analisar o conceito de unidade de massa atômica nos livros didáticos indicados pelo PNLEM, sob uma perspectiva da História e da Filosofia da Ciência, contrapondo-se ao que é comumente observado, de caráter normativo, oriundo da IUPAC. Tem-se como finalidade subsidiar uma discussão a respeito da construção desse conceito no processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: unidade de massa atômica, ensino de conceitos, História e Filosofia da Ciência.

INTRODUÇÃO

O conceito de unidade de massa atômica aparece em livros didáticos de Química, comumente utilizados no ensino médio, a partir de uma concepção normativa estabelecida pela IUPAC (União Internacional de Química Pura e Aplicada). Esta forma de abordagem de conceitos tratada apenas como resultado de um processo científico contrapõe-se à atual concepção epistemológica de um ensino de Ciências sob a ótica da História e da Filosofia da Ciência.

Neste trabalho, foram tomados como referência para análise, livros didáticos indicados pelo Plano Nacional do Livro Didático de Ensino Médio¹ (PNLEM), em 2007, procurando-se observar como os autores abordam o conceito de unidade de massa atômica. Estes livros foram escolhidos por se tratarem de uma amostra já criticamente selecionada mediante critérios estabelecidos pelo MEC. Além dos livros indicados pelo PNLEM, fizemos uma breve análise em dois outros livros de ensino médio, assim como em quatro livros utilizados no ensino superior de Química.

Assim, pretende-se neste artigo, apresentar uma análise da abordagem utilizada nos livros didáticos tendo como parâmetros a História e a Filosofia da Ciência e sua contribuição para o entendimento de um conceito abstrato para o estudante e que termina constituindo-se como um obstáculo ao Ensino da Química.

O CONCEITO DE UNIDADE DE MASSA ATÔMICA NO LIVRO DIDÁTICO

Uma breve análise do conceito de unidade de massa atômica, a partir dos livros didáticos de Química para o ensino médio, atualmente indicados pelo PNLEM, mostra que os autores têm diferentes concepções para sua abordagem. Concepções que vão desde o uso da História e da Filosofia da Ciência até ao puro e simples acatamento do conceito de acordo com uma gênese de ordem normativa, estabelecida a partir da IUPAC ou até mesmo a completa omissão do conceito.

É importante salientar que o conceito de unidade de massa atômica atual é definido como a **unidade de massa atômica unificada (u)** e refere-se à

unidade de massa não pertencente ao Sistema Internacional (igual a constante de massa atômica), definida como um doze avos da massa do átomo de carbono 12 em seu estado fundamental e usada para expressar massas de partículas atômicas, $u \sim 1.6605402(10) \times 10^{-27}$ kg (IUPAC, 1997).

Este conceito, dentre outros no ensino de Química, traz para dentro da escola e do livro didático desafios para sua abordagem que requerem de educadores e pesquisadores uma análise mais detalhada tal como se pretende desenvolver ao longo deste trabalho.

Autores como Peruzzo e Canto (2005), introduzem o conceito de unidade de massa atômica, diretamente vinculado à atual referência do isótopo do carbono 12, afirmando que “os cientistas escolheram um dos isótopos do elemento químico carbono e atribuíram a ele o valor 12 (exato) para comparar a massa dos átomos” (p. 481). O motivo alegado para essa escolha, escamoteia ainda mais a gênese histórica do conceito no momento em que os autores afirmam ter isso ocorrido “por uma simples questão de conveniência, que tem a ver com o complexo funcionamento do espectrômetro de massa” (p. 481).

Feltre (2005), por sua vez, destaca que “surgiu então entre os químicos a idéia de usar um certo átomo como padrão de pesagem” (p.263). Algumas perguntas, entretanto, ficam sem respostas que poderiam ser dadas a partir da História e da Filosofia da Ciência. Foi um processo que ocorreu só “entre os químicos”? Por que o carbono foi o átomo escolhido?

Abordado dessa forma, para o estudante que está em contato com esse conceito pela primeira vez, a escolha do isótopo 12 do carbono apresenta-se apenas como resultado de um processo de produção do conhecimento, oriundo de um pensamento iluminado dos cientistas, negando-se a trama histórica da sua concepção.

Observa-se que Mortimer e Machado (2005) omitem o conceito da unidade de massa atômica. No entanto, a inevitável referência ao carbono-12 aparece na definição de mol transcrita pelo autor² como “a quantidade de substância de um sistema que contém tantas partículas elementares quantos são os átomos em 0,012 Kg de carbono -12” (p.157) e ao se referir ao uso das massas atômicas a partir da tabela periódica (p.160). Mais uma vez, a ausência da discussão sobre o embate na ciência prejudica o entendimento de um conceito, que parece surgir do nada no livro didático.

Santos e Mól (2005), em Química e Sociedade, por sua vez, recorrem à constante de Avogadro sem, no entanto, estabelecer uma clara relação com o conceito de unidade de massa atômica, o qual termina sendo enunciado também a reboque da normatização da IUPAC, sem uma preocupação com sua gênese numa perspectiva histórica.

Por outro lado, é importante salientar que Mól e Santos (2000), na obra Química na Sociedade, procuram abordar o conceito de unidade de massa atômica numa perspectiva histórica.

A partir dessa constatação surgem algumas indagações: por que a perspectiva de uso da História e da Filosofia da Ciência foi omitida na abordagem desse conceito no livro didático de Santos e Mól indicado pelo PNLEM? Quais as dificuldades enfrentadas na construção histórico-didática dos conceitos e na sua inserção no livro didático?

Ainda assim, a gênese histórica do conceito de unidade de massa atômica parece ser preocupação de alguns autores dos livros didáticos atualmente indicados pelo PNLEM. Silva (2005) e Bianchi (2005) resgatam acontecimentos científicos, destacando inclusive erros e acertos cometidos nesse processo, numa linha de desenvolvimento do raciocínio que leva à construção do conceito de unidade de massa atômica e da escala relativa de massas atômicas.

Essa linha de pensamento, já é explorada por Aichinger desde 1979 (p. 7-12). O autor procura resgatar a trama de produção do conceito a partir da sua gênese histórica e, assim, aproxima-se mais da concepção atual de construção epistemológica dos conceitos. Ele faz uma abordagem histórica procurando situar o leitor a respeito do movimento das idéias em torno dos elementos químicos utilizados como referência na construção do conceito de unidade de massa atômica.

Como cenário dessa trama o autor resgata a preocupação dos cientistas em estabelecer uma unidade de referência a partir de proporções em massa, verificadas entre os átomos nas reações químicas. O átomo de hidrogênio, inicialmente tomado como unidade de referência por ser o mais leve foi, por esse mesmo motivo, abandonado dando lugar ao oxigênio. O oxigênio, que possuía um peso relativamente maior que o hidrogênio e também era capaz de combinar com muitos elementos conhecidos, tinha o inconveniente de se apresentar na natureza na forma de dois isótopos levando a uma discrepância nas escalas utilizadas por físicos e químicos da época. Fato que levou a IUPAC e a IUPAP (União Internacional de Física Pura e Aplicada), em 1961, a adotar o equivalente a 1/12 da massa do isótopo do carbono-12, como referência para a unidade de massa atômica.

No entanto, no resgate dos fatos históricos, o autor não se preocupa muito com aspectos didático-científicos que facilitam o entendimento da construção do conceito. Para tanto, em nossa opinião, o autor deveria envolver as leis ponderais e volumétricas, bem como a constante de Avogadro no desenvolvimento desse resgate.

A partir do exposto, percebe-se que a maioria dos livros indicados pelo PNLEM não se preocupa com o processo histórico na evidenciação do conceito de unidade de massa atômica e termina optando por uma abordagem normativa sintetizada a partir da definição da IUPAC,

induzindo o estudante à sua memorização. No entanto, a formação de conceitos é um processo real e complexo de pensamento que não pode ser aprendido por memorização (VYGOTSKY, 2005). A simples enunciação de conceitos químicos fundamentais, como elementos a serem memorizados, omite a riqueza da construção dos conceitos desde sua gênese até o seu atual significado e torna a aprendizagem da Química uma tarefa árdua e desinteressante para os estudantes, os quais não conseguem perceber o sentido para aquele conhecimento, porquanto ele é esvaziado de significado para o seu dia-a-dia e desvinculado de sua gênese histórica.

Desta forma, ao conceber-se o conceito de unidade de massa atômica, a partir de um caráter normativo, os autores optam por uma visão “reducionista” da história dos acontecimentos científicos, que são apresentados apenas como resultados, negando-se ao aluno o processo de sua gênese.

Apresentado assim, o conceito de unidade de massa atômica termina por obstaculizar o entendimento da construção do conhecimento científico diante da abstração do conceito. Para entender esse obstáculo, buscamos apoio em Bachelard que, ao procurar as condições psicológicas do progresso da ciência, afirma:

é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado. E não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos e do espírito humano: é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos. (BACHELARD, 1996, p 17).

Nessa perspectiva, conceitos estabelecidos a partir da IUPAC, tais como constante de Avogadro, quantidade de matéria e a unidade de massa atômica, se apresentam no livro didático como obstáculos epistemológicos, pois se situam numa esfera atual de significação científica distante do entendimento dos alunos do ensino médio.

Visando a superação desse obstáculo, o livro didático procura realizar um esforço de transposição didática utilizando-se, para tanto, de analogias, tais como, no caso estudado, da representação do isótopo 12 do carbono, através de um círculo dividido em 12 partes ou de situações comparativas para explicitar a idéia da medida de uma grandeza obtida a partir da noção do peso de objetos de tamanhos diferentes.

Quanto aos livros didáticos utilizados para o nível superior³, observa-se também que poucos contribuem para a elucidação do conceito de unidade de massa atômica numa perspectiva histórica. Dos livros analisados, nenhum se preocupou em fazer um percurso histórico tomando o hidrogênio como primeiro elemento de referência, passando pelo oxigênio e chegando ao carbono. Quem mais se aproxima dessa perspectiva é Brady (1986), ao tentar mostrar a construção do conceito partindo da teoria atômica de Dalton e chegando até o carbono, sem, no entanto, tratar sobre o hidrogênio.

Como agravante dessa situação, observamos que, em geral, nos cursos de formação de professores não há uma preocupação com a problemática da gênese de conceitos comumente utilizados no ensino médio; gênese que considere a importância da História e da Filosofia da Ciência, além de aspectos didáticos, na construção do conceito.

A IMPORTÂNCIA DA HISTÓRIA E DA FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS

Conforme se pode perceber, a visão desenvolvida na maioria dos livros didáticos do PNLEM contrapõe-se à atual concepção epistemológica de um ensino de Ciências sob a ótica da História e da Filosofia da Ciência, que certamente se constitui como um passo facilitador para a aprendizagem de certos conceitos científicos. Segundo Matthews (1994) a História e a Filosofia

da Ciência podem aproximar as ciências dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da humanidade, tornando as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico.

Paixão e Cachapuz (2003) em trabalho que preconiza o uso da Filosofia da Ciência no ensino, destacam que:

Muitos autores [...] consideram que as novas e verdadeiras dificuldades detectadas são devidas a uma insuficiente consideração da natureza da ciência nas estratégias de ensino, pelo que é necessário uma maior atenção aos possíveis contributos da Filosofia da Ciência para o Ensino da Ciência (p. 32).

Isto não significa dizer que o professor de Ciências deva ser perito em História, Filosofia ou Sociologia da Ciência, mas que compreenda a sua importância para o ensino, na medida em que contribua tanto para valorizar os aspectos social, cultural e filosófico, quanto para a melhoria do ensino e da aprendizagem da ciência (MATTHEWS, 1998).

A importância da dimensão histórica, tanto na perspectiva que concebe a História da Ciência, enquanto elemento auxiliar para a compreensão das teorias científicas, quanto na perspectiva que entende a História da Ciência como elemento constituinte da própria Ciência, é destacada por Barros e Carvalho (1998). Para esses autores ignorar a dimensão histórica da Ciência reforça uma visão distorcida e fragmentada da atividade científica e acaba criando um obstáculo para o ensino de Ciências. Não trabalhar com a perspectiva histórica significa desconhecer o papel das hipóteses e teorias, ignorar o papel da comunidade científica, dos equívocos, das crenças metafísicas, dos compromissos epistemológicos e dos dilemas éticos.

A relevância da abordagem filosófica e/ou histórica do conhecimento científico no ensino de Ciências é ressaltada por vários pesquisadores (BARROS; CARVALHO, 1998; FREIRE JUNIOR, 2002; GAGLIARD, 1988; MATTHEWS, 1994, 1998; OKI, 2006); tal abordagem possibilita que o estudante compreenda quando, onde e porque esse conhecimento foi produzido, percebendo a não neutralidade dessa produção, além de desmistificar o papel do cientista.

Segundo Bastos (1998), estudos com esse enfoque contribuem para que o educando construa concepções mais elaboradas e realistas acerca da Ciência e dos cientistas, que podem subsidiar o exercício de uma cidadania consciente e atuante. Esta abordagem é consistente com a idéia de que as proposições acerca de como a ciência opera são vazias sem exemplos históricos concretos, como expressa Lakatos (1983, p.107) de maneira incisiva: "A filosofia da ciência sem a história da ciência é vazia; a história da ciência sem a filosofia da ciência é cega".

Ao discutir fatores que dificultam essa abordagem, Bastos (1998) destaca a escassez de discussão de tópicos da História da Ciência nos cursos de formação causada pelo baixo interesse dos professores formadores em associar o conhecimento específico com as bases históricas em que esse conhecimento foi produzido, bem como a ausência de textos de História e Filosofia das Ciências que contemplem as necessidades específicas do ensino fundamental e médio.

Uma vez que os livros didáticos são geralmente preparados por professores cuja formação não tem ocorrido numa perspectiva de um ensino de Ciências, associado à História e Filosofia da Ciência, é de se esperar que os livros apresentem concepções inadequadas sobre Ciências e sobre cientistas. Como o livro é a principal fonte de consulta utilizada pelos docentes, tais concepções terão efeito multiplicador no processo ensino-aprendizagem, levando a uma cadeia de reprodução dessas idéias inadequadas.

Acreditamos, também, com base na literatura referenciada, que ao se trabalhar os conteúdos de Química considerando os aspectos epistemológicos e históricos - mostrando em detalhes períodos históricos de controvérsias científicas, de transformação da Ciência, evidenciando as relações sociais, econômicas e políticas envolvidas - tanto os professores quanto seus educandos serão motivados para uma compreensão da natureza dinâmica da ciência, da sua

situação atual, a ideologia dominante e os setores que controlam e se beneficiam da atividade científica. Desta forma, favorecer-se-á a percepção de uma nova imagem da Ciência e dos cientistas, mais humanística, mais próxima da realidade e do contexto em que se desenvolve.

Nesta perspectiva é que sugerimos que o conceito de u - que levou cerca de dois séculos para ser construído por diferentes cientistas que se debruçaram sobre teorias, hipóteses, reflexões, debates e experimentação - seja trabalhado levando-se em conta o processo de sua construção desde os primórdios até sua última definição que, certamente, não é a definitiva, como nos aponta a discussão epistemológica.

CONCLUSÕES

Apesar da ampla discussão sobre o papel da História e da Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências, não se observa ainda a incorporação dessa visão na construção do conceito de unidade de massa atômica no livro didático para o ensino de Química. Pode-se perceber que dos 06 livros de Química para o ensino médio indicados pelo PNLEM, apenas 02 utilizam uma abordagem histórico-filosófica da ciência; um critério que sequer foi utilizado pelo PNLEM, mas que se faz necessário para análise do livro didático.

Entende-se ainda, a partir da análise realizada que o resgate dos fatos históricos pode não ser suficiente para revelar a trama e a lógica histórico-científica (gênese histórico-científica), assim como pode também não revelar o conceito de forma didático-científica. Por outro lado, o resgate, por si só, de acontecimentos científicos ordenados de forma lógica na construção do conceito, pode omitir erros e acertos da Ciência, imputando-lhe uma neutralidade histórica descabida.

Assim, evidencia-se que, apesar de necessária, a História e Filosofia da Ciência não são suficientes para que se realize uma efetiva transposição didática necessária para compreensão de muitos conceitos que envolvem, para seu entendimento, um certo grau de abstração do aluno de ensino médio.

Uma transposição didática de conceitos científicos requer um resgate numa perspectiva histórico-didática e didático-científica que procure contemplar e revelar a trama da ciência e a gênese do conceito de forma didática. Este é um desafio que se impõe a educadores e pesquisadores sobre a Ciência e o Ensino de Ciências que não tem sido plenamente verificado nos livros didáticos indicados pelo PNLEM, a exemplo do que se procurou demonstrar neste estudo a respeito do conceito de unidade de massa atômica.

Notas

¹Foram consultados os livros de Química indicados pelo PNLEM dos seguintes autores: Bianchi, Abrecht e Daltamir; Canto e Peruzzo; Feltre; Mortimer e Machado; Nóbrega, Silva e Silva; Santos e Mol.

²LIDE, D. R. (Ed.) *Handbook of Chemistry and Physics*, 75th edition, CRC Press, 1994.

³Foram analisados os livros de Química Geral dos autores: Atkins e Jones, Brady, Chang e Russel, utilizados no ensino superior brasileiro. Procurou-se verificar como o conceito de unidade de massa atômica aparece e se é mostrada a gênese da sua construção.

REFERÊNCIAS

- AICHINGER, E. C. *Química 1*. São Paulo: E.P.U., 1979.
- ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de química*. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARROS, M. A.; CARVALHO, A.M.P. A história da Ciência iluminando o ensino de visão. *Revista Ciência & Educação*, v.5, n.1, p.83-94, 1998.
- BASTOS, F. O ensino de conteúdos de História e Filosofia da Ciência. *Revista Ciência & Educação*, v.5, n.1, 1998.
- BIANCHI, J.C.A.; ABRECHT, C.H.; DAL TAMIR, J.M. *Universo da Química*. V. único, 1 ed. São Paulo: FTD, 2005.
- BRADY, J. E.; HUMISTON, G. E. *Química geral*, v. 1, Rio de Janeiro: LTC, 1986.
- CANTO, E. L.; PERUZZO, F. M. *Química na abordagem do cotidiano*. V.1, 3 ed. São Paulo: Moderna, 2005.
- CHANG, R. *Química*. Portugal: McGraw-Hil, 1998.
- FELTRE, R. *Química*. v.1, 6 ed. São Paulo: Moderna, 2005.
- FREIRE JR, O. A relevância da filosofia e da história das Ciências para a formação dos professores em ciências. In: *Epistemologia e Ensino de Ciências*. Salvador: Arcádia, 2002.
- GAGLIARD, R. Como utilizar la historia de las ciencias em la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. V.6, n.3, p.291-296, 1988.
- IUPAC. *Compendium of Chemical Terminology*. 2nd Edition, 1997. Disponível em <<http://www.iupac.org/goldbook/U06554.pdf>> Acesso em: 16.07.07
- LAKATOS, I. History of science and its rational reconstructions. In: HACKING, I. (org.) *Scientific Revolution*. Hong Kong: Oxford University, 1993.
- MATTHEWS, M.R. In defense of modest goals when teaching about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 35, n. 2, p.168, 1998.
- MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. Tradução de Claudia Mesquita de Andrade. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.12, n. 3, p.164-214, 1994.
- MÓL, G.S.; SANTOS, W.L.P. (coord.), *Química na Sociedade: projetos de ensino de química em um contexto social*. 2 ed. Brasília: Universidade de Brasília, 2000.

MORTIMER, E.F.; MACHADO, A.H. *Química*. V.único. São Paulo: Scipione, 2005.

NÓBREGA, O. S.; SILVA, E.R.; SILVA, R.H. *Química*. V.único. São Paulo: Ática, 2005.

OKI, M.C. *A história da Química possibilitando o conhecimento da natureza da Ciência e uma abordagem contextualizada de conceitos químicos: um estudo de caso numa disciplina do curso de Química da UFBA*. 2006. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal da Bahia, Salvador.

PAIXÃO, F.; CACHAPUZ, A. Mudanças na prática de ensino da química pela formação dos professores em história e filosofia das ciências. *Química Nova na Escola*. São Paulo, n. 18, p. 31-36, nov. 2003.

RUSSEL, J. B. *Química geral*, v. 1, São Paulo: Makron Books, 1994.

SANTOS, W.L.P.; MOL, G.S. (coord). *Química e Sociedade*. V.único. São Paulo: Nova Geração, 2005.

VIGOTSKI, L.S. *A construção do pensamento e da linguagem*. Tradução Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2005.