



instituto de química

Universidade Federal do Rio de Janeiro

O QUE É O ÁTOMO? UMA ABORDAGEM DIDÁTICA DA TEORIA ATÔMICA NO ENSINO MÉDIO

Ricardo Pinheiro dos Santos Filho

Projeto Final de Curso

Orientadores

Prof. Thiago Messias Cardoso, Doutor, Departamento de físico-
química IQ-UFRJ

Prof. Monique Gonçalves, Mestre, Cap-UERJ

Fevereiro/2023

O QUE É O ÁTOMO? UMA ABORDAGEM DIDÁTICA DA TEORIA ATÔMICA NO ENSINO MÉDIO

Ricardo Pinheiro dos Santos Filho

Projeto Final de Curso submetido ao Corpo Docente do Instituto de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciado em Química.

Aprovado por:

Thiago Messias Cardozo, doutor (orientador)

Monique Gonçalves, mestre (coorientadora)

Anita Ferreira do Valle, Doutora

Luiz Claudio dos Santos Ribeiro Oberti, Doutor

Rio de Janeiro, RJ – Brasil
Fevereiro, 2023

Dedico esse trabalho a todos responsáveis pela minha formação e a todos que acreditam na educação e trabalham para torná-la mais acolhedora.

“Se, em algum cataclisma, todo o conhecimento científico for destruído e só uma frase puder ser passada para a próxima geração, qual seria a afirmação que conteria maior quantidade de informação na menor quantidade de palavras? Eu acredito que seria a hipótese atômica de que todas as coisas são feitas de átomos...” (Feynman, Leighton, & Sands, 2009, p. 1-2).

AGRADECIMENTOS

Gratidão a todos responsáveis pela minha criação e formação ao longo desses tempos, em especial aos meus pais, Vera Lucia Sardinha Campista e Ricardo Pinheiro dos Santos, por tudo que fizeram por mim.

Ademais, agradeço a todos os profissionais, ao meu orientador Thiago, a minha orientadora Monique, a amigos e colegas das instituições de ensino por onde passei. Um filme passa na cabeça lembrando o primeiro contato com a química, a tomada de gosto por essa ciência até o momento em que tornei um profissional dela. Tanto o Instituto Federal do Rio de Janeiro quanto a Universidade Federal do Rio de Janeiro contribuíram muito para isso.

Viva a ciência, viva a educação pública gratuita.

Resumo do Projeto Final apresentado ao Instituto de Química como parte dos requisitos necessários para conclusão do curso de Licenciatura em Química

O QUE É O ÁTOMO? UMA ABORDAGEM DIDÁTICA DA TEORIA ATÔMICA NO ENSINO MÉDIO

Ricardo Pinheiro dos Santos Filho

Fevereiro, dois mil e vinte três

Orientador Responsável: Thiago Messias Cardozo, doutor.

Coorientadora: Monique Gonçalves, Mestre.

A relação dos conceitos químicos com os elementos históricos-sociais que levaram a construção dos mesmos é uma interação pouco explorada no ensino de química. As orientações curriculares governamentais construídas ao longo dos anos, como os parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio (PCNEM) e a base nacional comum curricular (BNCC) fazem oposição a prática de um ensino de ciências somente atrelado a memorização de regras, equações e fórmulas e preconizam um ensino que promova o desenvolvimento do senso crítico do estudante. Essa criticidade pode ser estimulada por meio de inúmeras possibilidades de abordagens que o espaço escolar oferece, dentre elas, o uso da contextualização social, histórica e cultural da ciência e tecnologia. O presente trabalho se propõe à construção de um material que auxilie o professor na discussão do processo histórico de desenvolvimento científico no contexto do desenvolvimento do modelo de Dalton. A proposta trata do estabelecimento de uma estratégia em que o conceito de estequiometria é trabalhado em conjunto com o modelo de Dalton, colocando o aluno em contato com o processo de construção de uma das teorias atômicas fundamentais para o entendimento que os elementos apresentam composição mássica definida.

Palavras-chave: Ensino de química. História da química. Teoria atômica. Estequiometria.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS.....	12
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1	O PROBLEMA DA APRESENTAÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS DO ENSINO MÉDIO.....	13
3.2	TEORIAS E FERRAMENTAS PEDAGÓGICAS E COGNITIVAS	17
3.3	PROPOSTA DE PROGRAMA PARA TEORIA ATÔMICA NO ENSINO MÉDIO.....	19
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
5	REFERÊNCIAS	23
	APÊNDICE A1 – PLANO DE AULA	26
	APÊNDICE A2 – GUIA DO PROFESSOR.....	29
	APÊNDICE A3 - GUIA DO PROFESSOR PARA O USO DA FERRAMENTA PHET SIMULAÇÕES	40
	APÊNDICE A4 - GUIA DO ESTUDANTE PARA O USO DA FERRAMENTA PHET SIMULAÇÕES	43

1 INTRODUÇÃO

A química moderna tem como elemento fundamental na sua estrutura conceitual a ideia de átomo. Apesar da centralidade assumida por esse conceito, existem ainda limitações e desafios pedagógicos na apresentação dos modelos atômicos e das relações destes com outros conceitos em química no Ensino Médio (MELO; NETO, 2013).

A importância da abordagem de temas/conteúdos científicos atualizados é apontada em recomendações governamentais como a base nacional comum curricular (BNCC), documento normativo da educação básica brasileira, que é responsável por estabelecer os elementos essenciais na educação básica de todos os estudantes (incluindo ensino infantil, fundamental e médio). Em particular, a capacidade de elaboração de argumentos fundamentados sobre a Natureza e a realização de previsões sobre a mesma é designada como uma das competências específicas (BRASIL, 2018, p. 556 e 557). Também se destaca na BNCC a importância do desenvolvimento de habilidade de análise de modelos, teorias e leis.

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2 - Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

Habilidade - (EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

Nesse contexto, a discussão sobre modelos atômicos apresenta papel central. Além da sua importância incontestável na Química, os modelos atômicos apresentam diversas oportunidades para a discussão da construção de modelos incorporando elementos históricos e filosóficos. Apesar disso, a discussão dos modelos atômicos costuma se dar de uma forma sequencial simples, que oculta os processos por trás da elaboração destes, dando a impressão

de que o desenvolvimento científico se dá por meio de contribuições singulares e eventuais. Outro problema é que, apesar de conceitos e ferramentas derivados da Mecânica Quântica serem introduzidos no Ensino Médio, como a ideia de distribuição eletrônica e a ideia de orbital, o modelo atômico quântico é pouco explorado. Com uma rápida pesquisa em livros didáticos, verifica-se que muitos sequer citam o modelo, ou cometem erros conceituais graves. Por outro lado, existe um grande desafio pedagógico na apresentação de um modelo que se sustenta em ferramentas matemáticas de nível avançado para o público do Ensino Médio.

Frente a esses problemas, esse trabalho se propõe à confecção de um material de apoio para o professor sobre o modelo atômico de Dalton e os problemas que o motivaram, bem como uma proposta para a discussão em sala de aula que a conecte com o ensino da estequiometria. Esse é uma primeira contribuição para uma futura construção de uma estratégia didática completa, que inclua elementos históricos para a apresentação de modelos atômicos de modo que estes perpassem planos de aula, estudos dirigidos, referências para o docente, métodos de avaliação continuada, entre outros. Além disso, propõe-se um diálogo persistente entre os modelos atômicos e os conceitos da química que têm o seu desenvolvimento sustentado pela ideia do átomo. Espera-se que esse material auxilie o docente na abordagem desse tema, de modo a enriquecer a discussão do tema.

2 OBJETIVOS

Construção de um material de apoio ao docente para o ensino do modelo de Dalton, incluindo uma discussão dos problemas originais que o modelo visava responder e uma proposta de sua relação com a estequiometria. Buscaremos também defender a importância do uso de elementos históricos na discussão de modelos atômicos.

Metodologia

O trabalho se desenvolverá em três etapas. Em um primeiro momento, será feita uma pesquisa bibliográfica sobre o problema da apresentação de modelos atômicos no ensino médio dando um panorama de como os livros didáticos utilizados no ensino médio abordam o tema. Essa pesquisa tem como fim identificar os problemas pedagógicos e conceituais mais comuns, bem como algumas das abordagens já propostas para lidar com a questão. A segunda etapa consistirá em uma pesquisa bibliográfica sobre teorias e ferramentas pedagógicas e cognitivas que possam nortear a construção da proposta pedagógica. A terceira etapa consistirá na elaboração de um material que exemplifique a proposta.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O PROBLEMA DA APRESENTAÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS DO ENSINO MÉDIO.

A concepção de átomo é um dos temas discutidos no início do Ensino Médio. Ainda segundo Melo e Neto (2013) destacam em seu trabalho a dificuldade que os estudantes apresentam em entenderem o que são modelos atômicos, pois frequentemente compreendem tais modelos como uma entidade real e não como uma criação científica. Criação científica essa que, segundo Bunge (1969), em seus trabalhos sobre epistemologia no ensino da ciência devem ser acompanhadas de questionamentos importantes sobre como as teorias e modelos desempenham seu papel na ciência e a quais as relações delas com mundo. Para o autor, o efeito das teorias científicas e seus desdobramentos no ensino vai de encontro ao seu posicionamento de que a ciência é apurada por meio da defesa da racionalidade e do realismo científico que são nada menos que versões críticas de uma racionalidade absoluta e de um realismo imediato, afirmando que a ciência pode ser simultaneamente criativa e racional, mas, contudo, realista sem espelhar o mundo. Bunge defende que a prática do ensinar ciências se relaciona de certa forma ao modo de como as leis construídas e demais conceitos se englobam em estruturas teóricas que retratam o mundo, pois dentro do ensino grande parte das interações realizadas dentro do espaço escolar se relacionam à exposição das teorias e seus efeitos. Dentro desses pressupostos, reflexões desse porte na educação básica claramente reduzirão a imagem estereotipada que a ciência carrega na sociedade.

Os modelos atômicos são introduzidos em uma unidade fechada e raramente conectada com os diversos tópicos presentes na Química, à exceção do pressuposto da existência do átomo em si, e de sua composição em termos de prótons, nêutrons e elétrons. Por essa razão, os alunos não se mostram preparados para utilizar os modelos atômicos para construir explicações atomistas para fenômenos cotidianos. De modo mais geral, a forma

como os conceitos são abordados não lhes permite compreender o processo de construção científica e seu caráter de contínua modificação (Melo e Neto, 2013).

Assim, na proposta de ensino aqui defendida, a evolução da teoria atômica deve ser feita a partir de uma perspectiva histórica, valorizando a contextualização de cada conceito desenvolvido dentro de um modelo. Entretanto, no Ensino Médio não são comuns discussões com enfoque no processo científico e da História da Ciência. Alves e Alves (2017, p. 117) destacam o fato de existirem “poucas propostas didáticas disponíveis sobre atomística”, o que dificulta seu estudo e a criação de abordagens variadas que levem em consideração as características e o conhecimento dos alunos.

O que observamos nos livros didáticos são pequenos textos que enfocam algumas curiosidades científicas, ou anedotas que mostram os inventos do passado de alguns cientistas. Exemplo disso, é o livro “Ser protagonista – Química 1”, adotado pelo plano nacional do livro e do material didático (PNLD) 2018-2020 como livro de química para o ensino médio distribuído nas escolas públicas de todo país. O mesmo adota um enfoque que Loguercio e Del Pino (2006) destacam que a maioria dos livros didáticos apresentam:

No ensino usual da química é escassa a utilização de recursos históricos, estando ausentes em muitos livros de textos, e quando utilizados se referem a aspectos históricos “internos” da ciência (ênfase na visão internalista da ciência), como biografias, anedotas, inventos técnicos, ou de alguma área conceitual específica como modelos atômicos (LOGUERCIO e DEL PINO, 2006, p. 68).

Essa visão reducionista da ciência ainda vista no ensino básico, onde apenas a apresentação dos resultados dessa ciência, o conhecimento científico em química, com suas leis, teorias e modelos são concebidos sem se valer das condições sob as quais tais conhecimento foram produzidos, ou seja, a ênfase sobre os produtos da Ciência, em detrimento de seus processos de produção, pode provocar uma série de desdobramentos indesejáveis na pedagogia dessa Ciência, criando obstáculos à sua compreensão. Esses obstáculos epistemológicos, cunhados pelo filósofo e poeta francês Gaston Bachelard (1884-1962) podem ser traduzidos como entraves psicológicos oriundos dos conceitos formados fora

e até mesmo dentro do ambiente escolar conhecidos popularmente como senso comum que dificultam a aprendizagem de novos conceitos para a ciência.

Bachelard em sua obra “A formação do espírito científico” discorre sobre dez tipos de obstáculos epistemológicos, que os classificou em: experiência primeira, conhecimento geral, verbal, conhecimento pragmático, substancialista, realista, animista, o mito da digestão, libido e pôr fim do conhecimento quantitativo.

O obstáculo da primeira experiência consiste em apegar-se aos aspectos impressionantes de um fenômeno, o que evita compreender os aspectos importantes do ponto de vista do conhecimento. Uma das consequências deste obstáculo é ainda perceptível na sala de aula quando, para motivar os alunos, o professor começa por realizar a experiência, por exemplo, da explosão antes de fazer a sua apresentação teórica. Os alunos se perdem em sua imaginação e estão mais interessados em fantasiar coisas relacionadas à explosão do que em sua explicação científica propriamente dita.

O obstáculo do conhecimento geral pode ser colocado como uma extensão da experiência primeira, se caracterizando pelo uso de generalizações ocorridas de forma demasiada, o que nos faz perder de vista as características essenciais de um fenômeno. Afirmar que todos os corpos caem no vácuo na mesma velocidade não nos permite compreender o fenômeno da aceleração devido à força de atração gravitacional da Terra. A declaração sugere apenas que os corpos têm uma velocidade semelhante.

O obstáculo verbal ocorre quando pensamos que estamos explicando um fenômeno ao nomeá-lo. Por exemplo, Ricardo usou a esponja para explicar como as nuvens fazem a chuva cair. Uma palavra e uma imagem tomam então o lugar de uma explicação. Entretanto, podemos enfatizar aqui que a imagem, segundo Bachelard, pode ser usada para a compreensão, mas na condição de ser precedida por uma explicação teórica (BACHELARD, 1996).

O conhecimento pragmático consiste em explicar um fenômeno com base em sua utilidade, o que equivale a agir como se tudo tivesse uma utilidade específica em relação a nós.

O obstáculo substancialista consiste na busca de uma substância, ou seja, uma relação material, para explicar um fenômeno.

O realismo de Bachelard está relacionado a substância de um objeto sendo aceita como um bem pessoal, acontece quando se propõe a investigação científica dentro do

concreto sem evoluir para o abstrato. Esse obstáculo se conecta com a da experiência primeira.

O obstáculo animista atribui aos objetos inertes as propriedades dos organismos vivos. Por exemplo: no século XVIII, a ferrugem era considerada uma doença do ferro (BACHELARD, 1996).

O mito da digestão leva a pensar que os fenômenos procedem da mesma forma que o corpo humano, por ingestão, digestão e secreção.

A libido atribui características sexuais a fenômenos que não são reprodutivos. Esta é uma projeção de fantasias sexuais sobre os fenômenos da natureza. Por exemplo, a sexualização da base e do ácido devido ao fato de que a base é um nome feminino e ácido masculino. Como resultado, “o papel passivo é atribuído à base e o papel ativo ao ácido” (BACHELARD, 1996, p.240)

O conhecimento quantitativo também traz consigo um obstáculo. Não se trata de refutar este tipo de conhecimento, pois a ciência moderna nasceu com a matemática da realidade tornada possível pelos instrumentos de medição, mas de sublinhar um possível obstáculo: o de acreditar que a precisão da medição dá a posse do objeto. Bachelard em sua obra afirma: “A grandeza não é automaticamente objetiva, e basta dar as costas aos objetos usuais para que se admitam as determinações geométricas mais esquisitas, as determinações quantitativas mais fantasiosas” (BACHELARD, 1996, p.259). Pois, com efeito, continua ele, “as relações objetivas desaparecem assim que se pretende esgotar a determinação quantitativa de uma só vez. É abaixo e não além da medida como método discursivo que a objetividade se afirma então como instrução direta de um objeto... Devemos refletir para medir e não para refletir” (BACHELARD, 1996, p.262).

A partir daí, entendemos que o apego às intuições usuais, à experiência comum tomada em nossa ordem de grandeza sendo o fator que mais atrapalha o pensamento científico contemporâneo.

Por isso, nos diz Bachelard, precisamos romper com esses hábitos. Para isso, “o espírito científico não deve impor por toda a parte a legalidade da ordem de grandeza familiar, deve combinar a flexibilidade com o rigor e retomar todas as suas construções quando se aproxima de novos domínios” (BACHELARD, 1996, p.277).

Deste modo, indo na contramão da proposta de ensino mais corriqueira na construção do conhecimento químico por meio dos modelos atômicos, usaremos o referencial histórico-epistemológico na construção desse trabalho.

3.2 TEORIAS E FERRAMENTAS PEDAGÓGICAS E COGNITIVAS

Diversos autores em seus trabalhos publicados nos últimos anos vêm destacando a importância da utilização da História da Ciência (HC) na Educação Científica (Beltran, 2013; Gil Perez, 1993; Hodson, 1994; Trindade, 2011).

Em se tratando da educação científica, observa-se a necessidade de superação de obstáculos, sejam epistemológicos ou pedagógicos, nos processos de ensino e aprendizagem.

No ensino de Química, Mortimer tem trabalhado de forma bastante original a noção de perfil epistemológico. Ideia essa oriunda da obra de Bachelard "A filosofia do não", onde o autor considera que um conceito pode ser pensado de diferentes formas por um indivíduo e que dessa maneira, cada modo de pensar está relacionado a um perfil epistemológico, visto que para um mesmo conceito pode ser apresentado significados diferentes dependendo do contexto. Esse perfil apresenta cinco zonas, que são: Realismo ingênuo (senso comum), empirismo claro e positivista, racionalismo clássico da mecânica racional, racionalismo completo (relatividade) e racionalismo discursivo.

Reconhecendo que o ensino desta matéria não pode se limitar a princípios e leis (imutáveis) aplicados aos fenômenos químicos e, ao mesmo tempo, considerando a importância da historicização do ensino para o melhor entendimento do processo de produção do conhecimento químico pelo discente, Mortimer defende que a noção de perfil epistemológico pode potencializar uma melhoria no ensino de Química e colaborar para a superação de visões inadequadas presentes, principalmente, na educação básica. O emprego em sala de aula do perfil epistemológico apoiando-se na História da Química como eixo orientador do processo de transposição didática, contribui para superar um dogmatismo forte ainda presente no ensino de química, uma vez que mostra as rupturas que ocorreram ao longo da história da produção desse conhecimento e revela seu caráter essencialmente dinâmico (MORTIMER, 1992).

Na obra mencionada, o autor provoca um debate sobre a evolução dos conceitos da estrutura do átomo no período entre a Química Clássica e a Química Moderna, mostrando a quebra de paradigma ocorrida entre a ideia clássica de átomo, como bloco de construção da matéria, e a definição quântica, na qual a ideia de unidade mínima da matéria é concebida em termos de partículas que apresentam, ao mesmo tempo, propriedade ondulatória. Na opinião do autor, essa relação dual acaba por gerar a ruptura dos conceitos clássicos da mecânica desenvolvida por Newton, do mesmo modo que anteriormente a visão clássica da teoria atômica rompeu com a visão de matéria contínua. Estas distintas visões se originaram de diferentes fases do desenvolvimento científico na Química, tendo como as descobertas da Física, nos primórdios do século XX, um elemento essencial para a superar a grande influência do empirismo naquela ciência ao longo de todo século XIX.

A inclusão da História da Ciência no ensino tem razões que se fundamentam na Filosofia e Epistemologia e a própria concepção de ciência adotada interfere na seleção e abordagem dos conteúdos. Neste sentido, almejando mudanças de concepções para posições menos ingênuas sobre ciências e o fazer ciência, acredita-se que a inclusão de um maior conteúdo de História, Filosofia e Sociologia da Ciência nos currículos pode contribuir para um maior senso de criticidade e conseqüentemente uma maior humanização do ensino científico (LUFFIEGO et al., 1994; HODSON, 1985).

Considera-se a inclusão da História da Ciência no ensino uma substancial oportunidade para preferir um enriquecimento cultural dando um maior caráter humano a ciência, fazendo com que a conexão ciência e sociedade se torne potente. Seu papel fundamental no trabalho pedagógico de construção racional, visa combater um ensino centrado no que que Bachelard (2006) denomina “empirismo da memória”: retemos os fatos, mas esquecemos (porque não aprendemos) as razões. Propor-se ensinar colocando os estudantes diante apenas de dados e informações jogadas e não pelo desenvolvimento de raciocínios, mostrando os processos, acarreta, no estabelecimento de um ensino voltado para a memorização desenfreada e, a bem dizer, inútil. Fatos isolados não compõem um saber.

Um outro importante pesquisador que tem defendido a relevância da História e da Filosofia no ensino das ciências é Michael Matthews. Em artigos e livros escritos sobre esse assunto, ele defende a importância desses conteúdos no ensino sobre as ciências, tão importante quanto o ensino do conteúdo explicitamente científico. Na avaliação de Matthews (1994), o ato de ensinar ciências engloba tanto a abordagem do aspecto dinâmico da atividade científica e de sua ampla complexidade que se manifesta tanto no processo de criação de

produtos da ciência (hipóteses, leis, teorias, modelos etc.) quanto na forma de validar e divulgar o conhecimento científico estabelecido, coberto de todo dinamismo inerente a sua legitimação. Mathews (1995) argumenta que uma abordagem didática que considere a História da Ciência pode superar a falta de sentido dos conteúdos e conceitos escolares, além disso pode ensinar sobre aspectos relevantes a sua essência (Forato, Martins & Pietrocola, 2012). Levando em conta que a ciência não se modifica de forma linear, pelo contrário, o seu cerne de evolução é construído através de controvérsias e até mesmo com a ruptura de ideias pré-estabelecidas. Estas visões sobre o modo de ensinar ciências, podem proporcionar aulas mais atraentes e desafiadoras, permitindo justamente que relações entre este ensino e problemáticas éticas, políticas, sociais, econômicas sejam levantadas.

3.3. PROPOSTA DE PROGRAMA PARA TEORIA ATÔMICA NO ENSINO MÉDIO

O desenvolvimento de uma estratégia didática eficaz precisa ser estabelecido de acordo com as peculiaridades do ensino de química na maioria das escolas. Uma questão central é o tempo que um professor de química tem disponível para a disciplina, que, em grande parte das escolas é limitado a até duas horas por semana. Outra questão prática é que muitas escolas apresentam enfoque em conteúdos abordados em processos seletivos para o ensino superior, o que limita o tempo disponível para uma discussão mais aprofundada das teorias atômicas, um tema central para a construção do conhecimento químico. Dessa forma, o material didático precisa encontrar uma alternativa para desenvolver o tema de maneira que atenda os objetivos formativos recomendados pelo MEC e que se adeque à realidade das escolas.

Uma alternativa interessante que exploramos a seguir é de apresentar as diferentes etapas atômicas em conjunto com os conteúdos de química que desvelam sua relevância. Nesse trabalho, pretende-se propor a discussão da teoria atômica de Dalton em conjunto com o conteúdo de estequiometria. Dessa maneira, torna-se possível destacar a relevância das ideias de Dalton para o raciocínio químico moderno. Não se pretende aqui propor uma

sequência didática completa, mas apenas delinear a estrutura para uma sequência em que o material de apoio poderia ser integrado.

A sequência didática para o tema seria idealmente estabelecida ao longo de 4 aulas com duração de aproximadamente cinquenta minutos, onde o conceito químico de estequiometria e suas leis de base serão introduzidos no decorrer da cronologia do desenvolvimento da teoria atômica de Dalton. Dessa forma, seria possível realizar conexões com o contexto social e histórico da época dessas descobertas, mostrando que a história da química e da ciência não é feita de uma sucessão linear dos fatos. Ao contrário, a maioria dos avanços se dá com intensos debates que vão resultar em rupturas entre as novas concepções e concepções passadas.

Para dar suporte ao professor para essas conexões, um material com alguns elementos da história do modelo atômico de Dalton encontra-se no apêndice A2 do trabalho foi elaborado. Esse material busca trazer mais detalhes sobre como a ideia de átomo de Dalton resolvia os problemas científicos da época e como isso levou a construção do conceito químico da estequiometria que entendemos hoje.

O final da sequência poderia se valer de ferramentas de ensino para a sistematização do conteúdo trabalhado. Um exemplo seria o uso da plataforma PhET para a construção de simulações (Apêndices A3 e A4) nas quais o aspecto quantitativo das reações químicas seria explorado, primeiramente através de um exemplo do dia a dia como o do preparo do sanduiche, seguindo posteriormente da aplicação em reações simples como o da obtenção de água a partir dos gases hidrogênio e oxigênio.

Importante destacar que a plataforma PhET é oriunda de um projeto criado na Universidade de Colorado visando o uso de simulações por meio de recursos digitais como ferramenta pedagógica no ensino da matemática e das ciências da natureza, permitindo trabalhar diversos conceitos em que o processo de aprendizagem é potencializado pela experimentação. É de suma relevância ressaltar que o uso da simulação deve ser aplicado com todo cuidado, entendendo o contexto, pois como todo simulador o PhET tem suas limitações.

Os planos de trabalhos para as respectivas aulas se encontram nos apêndices A e B desse trabalho e apresentam a seguinte estrutura que visa potencializar o melhor desenvolvimento pedagógico por parte dos estudantes.

Tabela 1 - Estrutura do guia de aula

Tópicos	Descrição
Objetivo da aprendizagem	O que o estudante conseguir aprender ao término da aula
Duração	Tempo em que a atividade será realizada
Habilidade base nacional comum curricular	Qual habilidade da BNCC será trabalhada na mediação.
Materiais	O que o docente precisará ter para desenvolver a atividade
Instruções	Como conduzir a mediação. Que pontos e conceitos serão trabalhados para se atingir o objetivo da aprendizagem.
Contexto	Crie um cenário que envolva os estudantes na proposta e os aproxime do tema da aula. Pode ser por meio de uma problematização, material audiovisual, algum texto, história em quadrinhos, infográfico etc.
Questão disparadora	Deve mobilizar o estudante para busca de uma resposta até o final da mediação.
Sistematização	Atividade para consolidar o que foi trabalhado em sala de aula.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Construção do trabalho foi motivada principalmente pela constatação das grandes dificuldades observadas no processo de aprendizagem de química na educação básica. Esse ponto foi a força motriz para entender que era necessário propor a construção de abordagens alternativas ao método tradicional empregado na maioria das escolas. Desse modo, uma estratégia interessante seria explorar a história e a filosofia da ciência como ponte para a construção dos conceitos químicos.

Diante disso, a pesquisa teve como objetivo geral delinear uma estrutura para a construção uma estratégia didática que ressaltasse a importância de discussão dos modelos atômicos para construção de diversos conceitos químicos, como o ensino da estequiometria.

A pesquisa partiu da hipótese que devido a carência de um projeto consolidado para formação continuada de professores, a ausência de discussões e embates levou a um ensino de química desconexo do contexto social dos avanços importantes que a essa ciência teve para a humanidade, onde ainda continua sendo trabalhado majoritariamente na base da memorização de regras, equações e fórmulas, em uma educação que carrega uma perspectiva dogmática da ciência, em que se omitem as contradições científicas e os conflitos intrínsecos à sua própria construção.

Em termos de perspectivas futuras, esperamos aplicar o material em aulas piloto para de fato obter informações sobre a eficácia da estratégia didática proposta, pois a partir disso, entenderemos se será necessário eventuais mudanças no modelo de mediação.

Conectar os elementos históricos da química com o processo didático-pedagógico não é uma das tarefas mais fáceis, contudo acreditamos que pode ser uma excelente ideia, ainda mais com conceitos de uma grande complexidade como o ensino da estequiometria.

5 REFERÊNCIAS

- ALVES, V.; & ALVES, E. (2017). Móviles atômicos: uma percepção atômica através dos filtros dos sonhos. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(6), 109-120.
- ARAÚJO, C. A. ÁVILA. A ciência como forma de conhecimento. **Ciências & Cognição**, v. 8, 11.
- BACHELARD, Gastón, A formação do espírito científico, Ed. Contraponto, 3ª Edição, 2002. Tradução: Estela dos Santos Abreu.
- BACHELARD, Gaston. A Epistemologia. Lisboa: Edições 70, 2006, p. 35.
- BELTRAN, M. H. R. (2013). História da Química e Ensino: estabelecendo interfaces entre campos interdisciplinares. *Abákos*, 1(2), 67-77.
- BENSAUDE-VICENT, B. e STENGERS, I. **História da Química**. Portugal: Instituto Piaget, 1992.
- BRADY, James E.; RUSSELL, Joel W.; HOLUM, John R. **Química - A Matéria e Suas Transformações** - Vol. 2, LTC, 5ª Ed. 2009.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BUNGE, M. (1969) *La Investigación Científica*. Barcelona: Ariel.
- CHALMERS, A. F. O que é Ciência afinal? Tradução de Raul Filker. [S.l.]: Editora Brasiliense, 1993.
- DALTON, J. A New System of Chemical Philosophy, 1808, v.1, part 1. (Reimpressão — New York: Philosophical Library, 1964)
- FORATO, T., Martins, R., Pietrocola, M. (2012). History and nature of science in high school: building up parameters to guide educational materials and strategies. *Science & Education*, 21(5), 657-682.
- FILGUEIRAS, C. A. L. **Duzentos Anos da Teoria Atômica de Dalton**. *Química Nova na Escola*. n. 20, 2004.
- GIL Perez, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.
- HOODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 299-313.
- LEVINE, I. N. **Quantum Chemistry**. 5ª ed, Brooklin New York, p.134, 2000

LOGUERCIO, R. Q. e DEL PINO, J. C. Contribuições da história e da filosofia da ciência para a construção do conhecimento científico em contextos de formação profissional da química. **Acta Scientiae: revista de ciências naturais e exatas**. Canoas, RS. Vol. 8, n. 1 (jan./jun. 2006), p. 67-77.

LOPES, Alice R C. Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de Ciências. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (3), 1993, p. 324-330

MARCONDES, Danilo. **Iniciação à História de Filosofia. Dos Pré-socráticos a Wittgenstein**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002. 7ª Edição.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense do Ensino de Física**, Florianópolis, n. 3, p. 164–214, 1995.

MELO, M. R. e NETO, E. G. L. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 112-122, 2013.

MELZER, Ehrick Eduardo Martins, CASTRO, Leandro de, AIRES, Joanez Aparecida,

GUIMARÃES, Orliney Maciel, “Modelos Atômicos nos Livros Didáticos de Química: Obstáculos à Aprendizagem?”, In: Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis, 2009.

MORTIMER, Eduardo. Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de química: mudança conceitual e perfil epistemológico. **Química nova**, v. 15, n. 3, p. 242-249, 1991.

OKI, M. C. M & De Moradillo, E. F. (2008). O Ensino de História da Química: Contribuindo para a Compreensão da Natureza da Ciência. *Ciência & Educação*, 14(1), 67-88.

PARTINGTON, J. R. **História de la química**. Espalsa-Calpe: Buenos Aires, 1945.

PERUZZO. F.M.; CANTO. E.L., **Química na abordagem do cotidiano**, volume 1, 4ª edição, ed moderna, São Paulo, 2006.

PhET – Physics Education Technology. Disponível em: < <http://phet.colorado.edu/>>. Acesso 05 out. 2021.

POOLE-SAWYER, Julianna. **Assembling the Modern Periodic Table**: The messy road to periodic chemistry. [S. l.], 29 nov. 2022. Disponível em: https://inchemistry-acs-org.translate.goog/atomic-news/assembling-the-periodic-table.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=sc. Acesso em: 5 out. 2022.

TRANCOSO, M. D.; **Uma Breve História do Átomo e seus Modelos**. Rio de Janeiro, 2016.

TRINDADE, D.F. (2011). História da Ciência: uma possibilidade interdisciplinar para o ensino de ciências no Ensino Médio e nos cursos de formação de professores de ciências. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 4(2), 257-272.

VIANA, Hélio E. B. A Construção Atômica da Teoria de Dalton como Estudo de Caso – e algumas reflexões para o ensino de química. Dissertação de Mestrado. FE-USP. São Paulo. 2007.

VIANA, H. E. B.; PORTO, P. A. **O processo de elaboração da teoria atômica de John Dalton.** *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, n. 7, p. 4-12, 2007.

ZANVETTOR, Caio. **Entraves à aprendizagem da ciência química – o docente como obstáculo epistemológico: 2016.** Trabalho de conclusão de curso – Instituto de química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

APÊNDICE A1 – PLANO DE AULA

PLANO DE AULA: Cálculos Estequiométricos

1º ANO: ENSINO MÉDIO (EM)

Disciplina: QUÍMICA	3º bimestre
PROFESSOR: Ricardo Pinheiro	

DISTRIBUIÇÃO DA CARGA HORÁRIA		
TIPOS DE AULA	SEMANAL	BIMESTRAL
TEÓRICA	02 tempos de 50'	1600' (≈ 27horas)

CONTEÚDO

Teoria atômica de Dalton, grandezas químicas, conceito de massa e unidades de medida, volume e unidades de medida, mol, Massa Molar.

OBJETIVOS GERAIS DAS AULAS

Conectar os conceitos teóricos aos fatos e dados científicos;

Desenvolver subsídios para a construção de novos conceitos. O exemplo será o desenvolvimento do conceito de estequiometria a partir da construção do modelo atômico de Dalton.

Estabelecer “ferramentas químicas” mais apropriadas para lidar com outros campos de conhecimento. Exemplo é o uso da matemática para resolver alguns problemas químicos.

OBJETIVOS

Possibilitar aos alunos a compreensão de como um conceito químico é construído.

Desenvolver a compreensão do balanceamento de reações químicas, introduzir as leis estequiométricas e o seu uso.

ADEQUAÇÃO CURRICULAR

Planejar, executar, acompanhar e avaliar experimentos, reconhecer o papel da Química no sistema produtivo, industrial e rural.

Nº de aulas	Habilidades e Competências (AMBITO GERAL)	Procedimentos metodológicos	Recursos Didáticos
	<p>Trabalhar uma narrativa onde a história e a filosofia da ciência se encaixam na compreensão das necessidades existentes em explicar certos comportamentos da natureza, que consequentemente induziram a construção de certos modelos que fizeram nascer um determinado conceito químico.</p>	<p>Aulas expositivas com utilização de quadro e recursos multimídia.</p>	
4	<p>Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica</p>	<p>Em seguida, será conduzida a mediação, feita através de uma questão disparadora onde um contexto será criado para a visualização por parte dos alunos de como o problema pautado pode ser solucionado.</p> <p>Depois, seguem as discussões e os debates objetivando avaliar os entendimentos que os estudantes tiveram da mediação.</p> <p>Os alunos serão divididos em grupos para a resolução de algumas atividades complementares, elaboradas pelo professor. Os estudos não serão limitados à sala de aula, pois haverá atividades domiciliares.</p>	<p>Quadro branco ou de giz Pincel atômico ou giz Apagador Data show Notebook Extensão Pendrive Tabela Periódica Livro Didático Listas de Exercícios</p>

REFERÊNCIA DE APOIO

Roteiro da Aula (Apêndice B)

phET simulações em química.

APÊNDICE A2 – GUIA DO PROFESSOR

O que é o átomo? Teoria atômica de Dalton, as massas relativas e o surgimento do princípio da estequiometria

1º ano ensino médio

Objetivo da aprendizagem

1 – Compreender as razões que levaram à proposição do modelo de Dalton , onde a matéria é constituída de átomos indivisíveis que estão em constante movimento e que interagem entre si.

2 – Compreender que numa reação há conservação das massas e conservação dos átomos.

3 – Compreender que as reações químicas ocorrem pela formação de novas substâncias, devido ao rearranjo de átomos envolvidos na reação.

4 – Compreender como Dalton chegou às suas massas atômicas relativas dos elementos e das substâncias.

5- Compreender como se constatou que muitos dos valores que Dalton obteve para a massa relativa estavam incorretos.

6- Discutir o aspecto quantitativo envolvido nas reações químicas no contexto da estequiometria.

Duração

2h

Habilidade base nacional comum curricular

(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

EM13CNT101 - Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

EM13CNT301 - Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

EM13CNT302 - Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.

Suporte histórico

De acordo com Partington (1945), Joseph Louis Proust (1754-1826), químico francês, realizou inúmeras pesquisas a respeito da composição de compostos minerais de origem natural e artificial, havendo demonstrado que vários metais podem formar mais de um óxido, tendo descoberto o óxido cuproso em 1799 (mostrar algum vídeo do experimento, ou explicar-lo no quadro). Em 1797, Proust enunciou a lei das proporções constantes ou definidas: “uma substância, qualquer que seja sua origem, apresenta sempre a mesma composição em massa”. Naquela época a aceitação não foi imediata, pois existia uma forte oposição de cientistas como Claude Louis Berthollet

(1748-1822), que em 1803, na sua obra *Statique Chimique*, negava a lei das proporções constantes, pois considerava as reações químicas como dependentes da massa, ou seja, se as massas dos reagentes estivessem em excesso o produto também seria um composto de composição variada. Na medida em que as análises químicas se tornam cada vez mais precisas, a lei das proporções definidas de Proust vai sendo aceita. Essa controvérsia entre Proust e Berthollet é um exemplo de como a ciência evolui a partir de teorias rivais, e que somente após um tempo variável, a teoria mais consistente se impõe, isto é, o impasse é resolvido pelas novas evidências empíricas e/ou teórica que fortalece uma das teorias em disputa (CHALMERS, 1993).

Do ponto de vista da evolução histórica da Química como ciência, a palavra estequiometria, termo de origem grega que significa medida de elementos, foi introduzida por Jeremias Benjamin Richter, entre 1792 a 1802, para explicar a química das afinidades entre ácidos e bases, mas que passou a ser utilizada na química analítica baseada na lei das proporções definidas. A lei de Proust fundamenta a hipótese atômica de Dalton, na medida em que torna indiscutível a noção de proporção por unidades discretas (BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992).

Como explicar a estequiometria, isto é, a lei das proporções definidas e a lei da conservação da massa?

John Dalton (1766-1844) ao apresentar a sua hipótese atômica vai responder à questão acima na medida em que as reações ocorrem a partir de massas atômicas definidas, isto é, das massas dos átomos, as reações não acontecem entre frações de átomos.

Quem era John Dalton? Dalton era matemático, físico e químico, embora seu maior interesse tenha sido a meteorologia, tendo sido influenciado pelo pensamento mecanicista de Isaac Newton (1643-1727) que considerava a matéria ser composta de corpúsculos que sofrem ação de forças tanto atrativas quanto repulsivas.

Devido a seu interesse em meteorologia Dalton passou a se dedicar ao estudo da solubilidade dos diferentes gases. Em 1803 ele proferiu uma palestra com o seguinte tema: “Sobre a absorção de gases pela água e outros líquidos!” trabalho esse que somente veio a ser publicado em 1805, diante da sociedade filosófica de Manchester, detalha pela primeira vez a sua hipótese atômica.

“A maior dificuldade para contemplar a hipótese mecânica provém do fato de diferentes gases observarem diferentes leis. Por que a água não admite a mesma quantidade de qualquer tipo de gás? Esta questão eu tenho considerado devidamente, e embora ainda não seja capaz de me satisfazer completamente, estou quase persuadido de que essa circunstância depende do peso e do número das partículas últimas dos diversos gases: aqueles cujas partículas são mais leves e simples são menos absorvíveis, e as outras são mais, conforme aumentam em peso e complexidade" (VIANA; PORTO, 2007, p.8).

Dalton propôs uma série de postulados reunidos em uma publicação denominada de teoria atômica clássica, trazendo, entre outras, as seguintes ideias:

- 1-A matéria é formada de partículas indivisíveis chamadas átomos.
- 2- Todos os átomos de um mesmo elemento têm as mesmas propriedades [...] as quais se diferem das propriedades de todos os outros elementos.
- 3- Uma reação química consiste [...] num rearranjo dos átomos de um conjunto de combinações para outro (BRADY, 2009).

Na palestra proferida em 1803, Dalton apresentou sua primeira tabela de massas atômicas que foi posteriormente publicada em 1805 e corrigida em 1808, conforme quadro a seguir.

Espécie química	Pesos atômicos (<i>sic</i>)	
	1805	1808
Hidrogênio	1	1
Azoto	4,2	5
Carbono	4,3	5
Amônia	5,2	6
Oxigênio	5,5	7
Água	6,5	8
Fósforo	7,2	9
Hidrogênio fosforetado (PH ₃)	8,2	-
Gás nitroso (NO)	9,3	12
Éter	9,6	-
Óxido gasoso de carbono (CO)	9,8	12
Óxido nitroso (N ₂ O)	13,7	17
Enxofre	14,4	13
Ácido nítrico (NO ₂)	15,2	19
Hidrogênio sulfuretado (H ₂ S)	15,4	16
Ácido carbônico (CO ₂)	15,3	19
Álcool	15,1	16
Ácido sulfuroso (SO ₂)	19,9	-
Ácido sulfúrico (SO ₃)	25,4	34
Hidrogênio carburetado da água estagnada (CH ₄)	6,3	7
Gás olefiante (C ₂ H ₄)	5,3	6

Figura 1. Tabela dos pesos atômicos de Dalton. Fonte: Figueiras (2004, p.43)

Dalton também propôs símbolos (círculos, traços, pontos) para representar os diferentes elementos e fórmulas para identificar os compostos, conforme apresentado na figura abaixo.

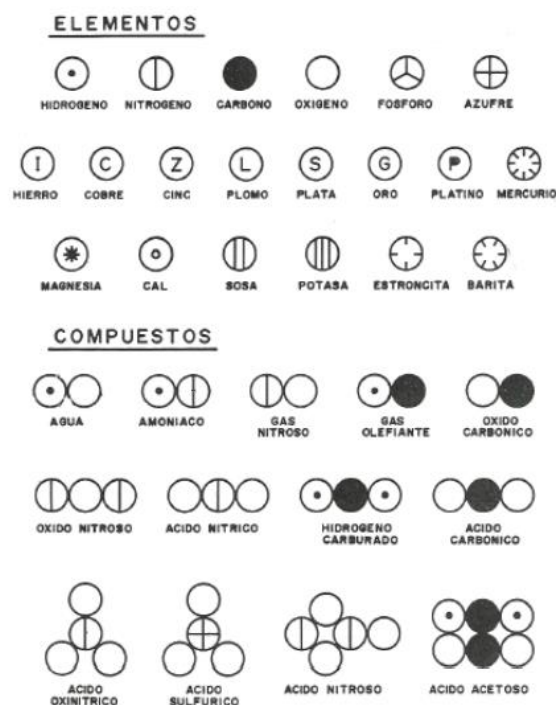


Figura 2. Símbolos dos elementos construídos por Dalton. Fonte: Trancoso (2016, p.23)

Como Dalton chegou às suas massas atômicas?

Para responder a essa questão Dalton precisava saber quantos átomos estão contidos em um dado composto, isto é, precisava conhecer a fórmula química.

Aceitando que os átomos se combinam segundo a lei de Proust ele então introduz regras de máxima simplicidade, ou seja, quando dois elementos, A e B, formam um único composto, o composto é binário. Quando existem duas substâncias constituídas dos mesmos elementos, A e B, a regra de máxima simplicidade considera que existe uma substância do tipo AB, composto binário, e outra do tipo AB₂ ou A₂B, composto ternário, e assim por diante (VIANA; PORTO, 2007).

Também se faz necessário conhecer a análise química, isto é, saber a proporção exata em massa de A que se combina com a proporção exata em massa de B e a última condição para determinar a massa atômica é escolher um elemento que seja utilizado como padrão de referência.

No início do século XIX já eram conhecidas análises químicas de diferentes gases. Em relação a análise química da água, Lavoisier já havia constatado que em 100g de água estão contidos 15g de hidrogênio e 85g de oxigênio. Dalton utilizando sua regra de máxima simplicidade propôs que a água seria constituída de 1 átomo de hidrogênio e 1 átomos de oxigênio, isto é, a relação em átomos seria 1:1. Além disso, definiu como padrão de referência o átomo de hidrogênio como sendo 1, porque sua massa nos compostos era sempre menor do que a massa dos demais elementos. Dessa forma todas as três condições foram atendidas. Assim a massa de um átomo de oxigênio corresponde a aproximadamente $85/15 = 5,5$ vezes maior do que a massa de um átomo de hidrogênio tomado como padrão. Se fosse possível pesar os átomos, numa balança de dois braços seria preciso 2 átomos de oxigênio ($2 \times 5,5$) para equilibrar a massa de 11 átomos de hidrogênio (11×1). Para Dalton, a massa da água seria $5,5 + 1 = 6,5$ conforme se apresenta no quadro de elementos.

- **Construção do argumento exibindo o passo a passo do experimento da água mostrando as unidades mínimas da explicação do processo (raciocínio prático)**

O trabalho que Dalton desenvolveu sobre as solubilidades dos gases em água que foi publicado em 1805, lhe deu argumentos que ele achava suficiente para a construção de sua teoria atômica.



A classificação de acordo com as suas frações de solubilidade estava determinada da seguinte forma:

“Se uma quantidade de água, livre de ar for agitada em presença de qualquer tipo de gás que não se una quimicamente com a água, ela absorverá uma massa de gás igual à sua própria, ou então uma parte dela, igual a uma das seguintes frações, a saber: $1/8$, $1/27$, $1/64$, $1/128$, etc.



Tentando explicar os diferentes valores de solubilidade, ele se perguntou se as diferentes massas dos átomos não seria a causa para essas variações.



Como determinar agora essas massas e elaborar o modelo para as combinações químicas e realizar previsões de fórmulas para os compostos?



A partir de sua teoria recentemente publicada, Dalton pega o exemplo de uma mistura entre oxigênio e hidrogênio e estima que a combinação só irá acontecer se o equilíbrio fosse rompido.



A lei das proporções múltiplas de Proust era a mais respeitada na época, onde os tipos de combinações possíveis seguiam a regra da máxima simplicidade.



1 átomo de A + 1 átomo de B = 1 átomo de C, binário.

1 átomo de A + 2 átomos de B = 1 átomo de D, ternário.

2 átomos de A + 1 átomo de B = 1 átomo de E, ternário.

1 átomo de A + 3 átomos de B = 1 átomo de F, quaternário.

3 átomos de A + 1 átomo de B = 1 átomo de G, quaternário.



1° Quando somente uma combinação de dois corpos pode ser obtida, deve-se presumir que seja binária, a menos que alguma causa aponte para o contrário.

2° Quando duas combinações são observadas, deve-se presumir que sejam uma binária e uma ternária.

3° Quando três combinações são obtidas, podemos esperar que uma seja binária e as outras duas sejam ternárias.

4° Quando quatro combinações são observadas, devemos esperar uma binária, duas ternárias e uma quaternária etc.

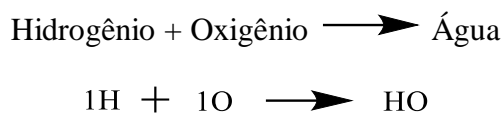
5° Um composto binário deve ser sempre especificamente mais pesado do que a simples mistura de seus dois ingredientes.

6° Um composto ternário deve ser especificamente mais pesado do que a mistura de um binário e um simples, os quais, se combinados, o constituem.

7° As regras e observações acima igualmente se aplicam quando dois corpos, como C e D, D e E etc., são combinados. (Dalton, 1964, p. 163- 167)



Para a construção da tabela de massas atômicas relativas, necessitava das proporções em massa envolvidas nas combinações. Com a análise de Lavoisier feita para a água, constatou-se que a composição era de 85% oxigênio e 15% hidrogênio em massa.



O conhecimento sobre as proporções das substâncias na formação de novos compostos, fez inaugurar uma área importantíssima da química chamada estequiometria.



Com a análise das proporções em massa para a formação de água, chegou a conclusão que o processo envolvia 1 g de hidrogênio para 5,66 g de oxigênio.

O hidrogênio foi condicionado ao valor de menor unidade, pois participava sempre com uma proporção de massa menor que a dos outros elementos.



Estudando outros processos foi possível construir a primeira tabela de massas e que em 1808 apareceu com algumas correções.

- **E como isso foi corrigido para os valores de massa que conhecemos?**

O problema com esse método é que Dalton não conhecia os números de átomos de oxigênio e átomos de hidrogênio em uma molécula de água; ele assumiu que a água tinha uma fórmula molecular de HO, levando a uma massa atômica relativa incorreta de 5,66 para o oxigênio.

Para adicionar ainda mais confusão, em 1805 o cientista prussiano Alexander von Humboldt e o cientista francês Joseph Louis Gay-Lussac determinaram que dois volumes de hidrogênio gasoso sempre combinados com um volume de oxigênio gasoso para formar dois volumes de vapor de água. A dupla encontrou inúmeras outras razões simples, resultando em Gay-Lussac sugerindo que volumes iguais de gases têm números iguais de partículas, o que agora chamamos de lei de Avogadro. O problema com essa hipótese era que, para ser verdade, de alguma forma o oxigênio gasoso precisava estar se dividindo ao meio. Muitos químicos, incluindo Dalton, consideraram essa possibilidade absurda: como poderia um átomo - na época considerado a menor unidade de matéria - dividir-se durante uma reação química?

O mistério foi resolvido em 1811 pelo cientista italiano Amedeo Carlo Avogadro, que argumentou que o oxigênio gasoso é composto não de átomos de oxigênio, mas de moléculas de oxigênio: O₂. Infelizmente, embora fosse um cientista talentoso, Avogadro não era um escritor talentoso, e sua hipótese não foi aceita por mais 50 anos.

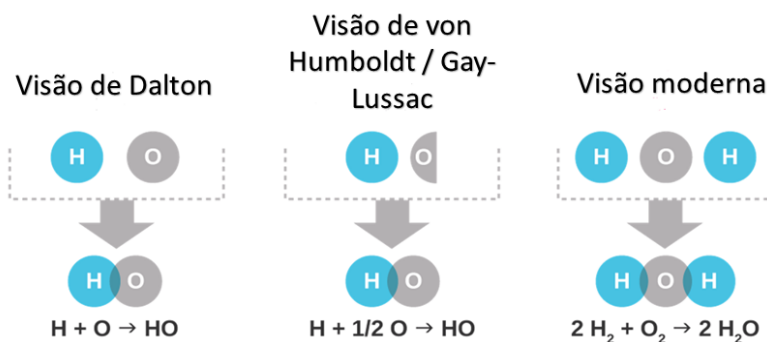


Figura 3. Modelos de representação da formação da água ao longo da história.

Discussão

Levantar a discussão do porquê as massas atômicas relativas encontradas por Dalton, nos exemplos acima, não estarem corretas, conduzindo a discussão que apontam dois motivos: as análises químicas da época não eram confiáveis e as regras de máxima simplicidade não garantiam a escolha da fórmula correta.

Sistematização / Atividade complementar

Objetivando o entendimento prático dos cálculos estequiométrico será aplicado em sala de aula Uso do software PhET simulações como ferramenta introdutória na construção do conceito químico de estequiometria ao balancear uma reação, dando ênfase a ideia de reagente limitante e excesso.

Referências

BENSAUDE-VICENT, B. e STENGERS, I. **História da Química**. Portugal: Instituto Piaget, 1992.

BRADY, James E.; RUSSELL, Joel W.; HOLUM, John R. **Química - A Matéria e Suas Transformações** - Vol. 2, LTC, 5ª Ed. 2009.

CHALMERS, A. F. O que é Ciência afinal? Tradução de Raul Filker. [S.l.]: Editora Brasiliense, 1993.

DALTON, J. A New System of Chemical Philosophy, 1808, v.1, part 1. (Reimpressão — New York: Philosophical Library, 1964)

FILGUEIRAS, C. A. L. **Duzentos Anos da Teoria Atômica de Dalton**. Química Nova na Escola. n. 20, 2004.

PARTINGTON, J. R. **História de la química**. Espalsa-Calpe: Buenos Aires, 1945.

POOLE-SAWYER, Julianna. **Assembling the Modern Periodic Table**: The messy road to periodic chemistry. [S. l.], 29 nov. 2022. Disponível em: <https://inchemistry-acso.org.translate.google.com/atomic-news/assembling-the-periodic-table.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt-BR&_x_tr_pto=sc>. Acesso em: 5 out. 2022.

TRANCOSO, M. D.; **Uma Breve História do Átomo e seus Modelos**. Rio de Janeiro, 2016.

VIANA, H. E. B.; PORTO, P. A. **O processo de elaboração da teoria atômica de John Dalton**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, n. 7, p. 4-12, 2007.

APÊNDICE A3 - GUIA DO PROFESSOR PARA O USO DA FERRAMENTA PHET SIMULAÇÕES

Uso do PhET Simulações

ROTEIRO DO PROFESSOR

Título do Roteiro

Uso do software PhET simulações como ferramenta complementar na construção do conceito químico de estequiometria ao balancear uma reação, dando ênfase a ideia de reagente limitante e excesso.

Objetivo

Facilitar o desenvolvimento do pensamento em nível atômico/molecular por meio do uso de um simulador que oportuniza dar aos discentes uma compreensão conceitual de tópicos importantes para resolução dos cálculos estequiométricos. O conceito de reagente limitante é o principal ponto a ser explorado pelo software PhET simulações.

Descrição

A atividade será dividida em três etapas:

A primeira consiste em internalizar a essência do conceito de reagente limitante e em excesso, para isso, usamos o nosso dia a dia, realizando com todos os cuidados uma analogia que consiste em propor que as equações químicas se assemelham às receitas na qual nos mostram uma determinada proporção. Ao preparar um bolo, por exemplo, devemos misturar os ingredientes (farinha, ovos, açúcar etc.) numa proporção adequada. Caso contrário, ao levar o bolo ao forno, a reação química que aí se processa não atingirá o resultado desejado.

Dessa forma, ao abrir o simulador e escolhermos a opção sanduíches e damos início a simulação, customizando o preparo do sanduíche para 2 pães e uma fatia de queijo. Agora, pedimos para que os estudantes alterem as variáveis possíveis e façam suas observações sobre o que o quadro após reação nos indica.

Na segunda etapa, já partimos para o uso das moléculas, onde iremos explorar 3 reações simples: produção de água, amônia e combustão do metano. Mexemos nas variáveis possíveis e realizamos nossas observações.

Na terceira e última etapa, iremos explorar os três níveis de dificuldade do jogo, no sentido de descobrir se o conteúdo conseguiu ser internalizado, em caso de dificuldade, se volta para as simulações de sanduíches e moléculas.

Ao final da atividade recolhemos as observações realizadas pelos estudantes para entender se o objetivo da proposta foi atingido.

Proposta Pedagógica

A atividade por meio do simulador PhET se intenciona a ser um material de apoio/reforço que complemente a abordagem do tópico estequiometria dada em sala de aula. O uso do simulador como uma espécie de jogo traz o ensino para próximo do cotidiano desses estudantes tornando o processo de aprendizagem ativo e conseqüentemente mais prazeroso.

Público-alvo

Estudantes do ensino médio e iniciantes em cursos de graduação que tenham cálculo estequiométrico em seus respectivos cursos.

Tópicos abordados

- Reações químicas;
- Conceituação de massa atômica e massa molecular
- Número de Avogadro;
- Conceituação de reagente limitante e excesso;
- Cálculo estequiométrico.

Conhecimento prévio

- Reconhecimento do modelo atômico que fundamentou a construção das relações estequiométricas;
- Fórmula química dos compostos;
- Funções químicas;
- Balanceamento de reações
- Lei de conservação de massas;
- Relações fundamentais de concentração de soluções;
- Relacionar número de mols, massa e volume.

Possibilidades educacionais

O roteiro possibilita uma participação mais ativa dos aprendizes, oportunizando assim um engajamento maior na temática que está sendo explorada, o que pode contribuir para que outras lateralidades sejam exploradas.

Temas transversais

Ao se debruçarem sobre a importância da estequiometria no nosso cotidiano, os estudantes poderão fazer relações que envolvam questões ambientais, energéticas etc.

Referências

SANTOS, Ana. ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA: UMA PROPOSTA DE FORMAÇÃO CONTINUADA. Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/27116/10/EnsinoEstequiometriaProposta.pdf>>. Acesso 05 out. 2021.

MAZZALI, Karina. O uso do Laboratório Virtual para o ensino e aprendizagem de estequiometria nas aulas de Química. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/200554/001103999.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso 05 out. 2021.

Reagentes, produtos e excesso. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/reactants-products-and-leftovers/activities>. Acesso 05 out. 2021.

APÊNDICE A4 - GUIA DO ESTUDANTE PARA O USO DA FERRAMENTA PHET SIMULAÇÕES

Uso do PhET Simulações

ROTEIRO DO ESTUDANTE

Título do Roteiro

Uso do software PhET simulações como ferramenta complementar na construção do conceito químico de estequiometria ao balancear uma reação, dando ênfase a ideia de reagente limitante e excesso.

Objetivo

Facilitar o desenvolvimento do pensamento em nível atômico/molecular por meio do uso de um simulador que oportuniza dar aos discentes uma compreensão conceitual de tópicos importantes para resolução dos cálculos estequiométricos. O conceito de reagente limitante é o principal ponto a ser explorado pelo software PhET simulações.

Roteiro

Após toda mediação realizada em sala de aula sobre o conteúdo de estequiometria envolvendo as questões de reagente limitante e em excesso, o uso do simulador PhET será usado como atividade complementar extraclasse objetivando uma maior compreensão sobre o tema.

A atividade irá ser sequenciada em 3 etapas:

Na primeira o estudante irá simular a montagem de um sanduíche composto de duas fatias de pão e uma de queijo, onde o mesmo deve ir alterando as variáveis antes de reação e anotando o que se deu os resultados após a reação (verificar quantos produtos foram formados e se houve excessos).

Na segunda etapa, se parte para o uso das moléculas, onde devem explorar 3 reações simples: produção de água, amônia e combustão do metano. Mexemos nas variáveis possíveis e realize as observações.

Na terceira e última etapa, explore os três níveis de dificuldade do jogo, no sentido de descobrir se o conteúdo conseguiu ser internalizado, em caso de dificuldade, se volta para as simulações de sanduíches e moléculas.