A abordagem semiótica dos conceitos de modelos atômicos na análise de livros didáticos adotados por escolas públicas no município de Goiás

The semiotic approach to the concepts of atomic models in the analysis of textbooks adopted by public schools in the municipality of Goiás

DOI:10.34117/bjdv7n4-638

Recebimento dos originais: 28/03/2021
Aceitação para publicação: 28/04/2021

Vitor de Almeida Silva
Doutor em Química; Universidade Federal de Goiás
Praça Brasil Ramos Caiado, nº 35, Centro, Goiás – GO
E-mail: vitor.almeida@ufg.br

Jaisa Angélica Vieira da Mata
Mestre em Educação em Ciências e Matemática; Secretaria Estadual de Educação de Goiás; C. E. J. L. Contart
Rua GB 4, Jd.G. II, Goiânia – GO
E-mail: jaisadamatta@gmail.com

Mirelly dos Reis Souza Fernandes
Licenciada em Educação do Campo; Universidade Federal de Goiás
Praça Brasil Ramos Caiado, nº 35, Goiás – GO
E-mail: mirelly1922@hotmail.com

RESUMO
A pesquisa apresentada corresponde a um estudo que teve como objetivo depreender como os modelos atômicos estão apresentados nos livros didáticos (LD) adotados pelas escolas públicas da cidade de Goiás. As quatro principais escolas do município participantes da pesquisa nos revelaram que o LD utilizado em três delas era o mesmo – Coleção Química Cidadã. A partir desse dado a investigação se direcionou para a leitura de como o modelo atômico era abordado no LD. Observou-se que há um exercício abstrato que antecede e se constrói organicamente até a apresentação do conceito atômico. Isso permitiu compreender como elementos semióticos são dimensionados para elaborar uma representação dos signos químicos de forma dialógica formatando uma compreensão dos conceitos químicos afastada do realismo interpretativo. Compreendemos que essa abordagem exige do estudante uma estruturação complexa do pensamento e que sem a mediação do professor a aprendizagem do conceito atômico pode se configurar como um obstáculo.

Palavras-chave: Semiótica, Livro didático, Modelos atômicos, Ensino de Química

ABSTRACT
The research presented here corresponds to a study that aimed to understand how the atomic models are presented in the textbooks (LD) adopted by the public schools of the city of Goiás. The four main schools in the city that participated in the research revealed that the same LD was used in three of them - the Química Cidadã Collection. From this data, the investigation focused on the reading of how the atomic model was approached

in the LD. It was observed that there is an abstract exercise that precedes and organically builds up to the presentation of the atomic concept. This allowed us to understand how semiotic elements are scaled to elaborate a representation of chemical signs in a dialogical way formatting an understanding of chemical concepts away from interpretive realism. We understand that this approach demands from the student a complex structuring of thought and that without the mediation of the teacher, the learning of the atomic concept can become an obstacle.

Keywords: Semiotics, Textbook, Atomic Models, Chemistry Teaching

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O ensino de Química fundamenta-se nas transformações da matéria e em suas representações macro e microscópicas a partir de equações que evidenciam fenômenos e reações químicas que se processam no cotidiano. Compreender a linguagem química e como esta se direciona a significados distintos, corresponde a um exercício que exige a intepretação de signos que nem sempre assumem retratações no campo concreto.

A semiótica nos permite depreender que, como afirmam Sausure (2012), Hjelmslev (1975), os signos são demarcados por significações que impressionam os sujeitos e é a partir desse impulso cognitivo que os significados inteligíveis vão sendo desenvolvidos em processos que demanda interações coletivas.

Milani (2015), em seu estudo enfatiza o aspecto imaterial dos signos, ou melhor dizendo, que a imagem acústica de um determinado signo não é material e sim psíquica. Podemos fazer essa correlação entre o signo e sua imagem psíquica ao vislumbrarmos os diferentes espectros luminosos e dimensioná-los a partir dos modelos atômicos. Esta representação deverá impressionar, em sua devida proporção fenomenológica e conceitual (POZO; CRESPO, 2009), os vieses cognitivos do indivíduo e, assim, formatar uma construção abstrata do que se evidenciou quimicamente no cotidiano.

Ao transportamos essa correlação entre signo e química, linguagem e seus desdobramentos cognitivos com o estudo da natureza íntima da matéria, visualizamos que os direcionamentos semióticos se fazem presentes de forma expressiva na ciência química e no próprio ensino de química.

Os modelos utilizados para teorização e conceituação de determinados saberes químicos estabelecem, geralmente, um diálogo entre os aspectos microscópicos e macroscópicos da matéria. O sentido e o significado que é atribuído a esse diálogo pode ser acolhido e explicado a partir das imagens psíquicas que os signos são capazes de imprimir e evocar nos sujeitos.

Ao discutirem o ensino de química a partir de abordagens que estejam amparadas em aspectos representacionais, teóricos e fenomenológicos, Mortimer, Machado e Romaneli (1999) enfatizam a necessidade de um desenvolvimento dos sujeitos a partir de uma construção abstrata que tenha significado, e que esteja vinculado ao conteúdo estudado.

Percebe-se que o dialogismo entre os três aspectos assume uma solidariedade capaz de conferir um significado complexo ao conteúdo químico. Dessa forma, pode-se fomentar um desenvolvimento da aprendizagem que tenha significado e, como discutem Pozo e Crespo (2009), que seja mais complexa, com significações mais expressivas que aquelas demarcadas pelo realismo interpretativo. Já que realismo interpretativo se configura como derivado do pensamento positivista, o qual estabelece o conhecimento científico extraído da natureza como realmente é.

No campo semiótico Hjelmslev (1975), a partir de seu estudo sobre a função semiótica, nos propôs uma intepretação dos signos a partir da solidariedade entre dois planos: de expressão e de conteúdo. Ao se fazer uma aproximação do estudo de Hjelmslev (1975) ao ensino de química podemos explicar em linhas gerais a função semiótica a partir dos planos de expressão e conteúdo da seguinte forma.

Um signo, por exemplo H_2O, tem um significado. Obviamente, muitos de nós, conscientemente, diremos e o relacionaremos com a água – sendo esta representada em distintas formas. É dessa forma que o conceito de signo vai ganhando forma. O exercício cognitivo que fazemos ao ouvirmos, psicologicamente, o som da palavra água em nosso cérebro o vincula ao plano de expressão – isto é, à organização dos fonemas e como suas combinações têm sentido para nós. Ao vislumbrarmos o aspecto conceitual e a forma que os conceitos se organizam para afirmar que o que estamos lendo (H_2O) se trata da água, podemos afirmar que se trata do plano de conteúdo. Assim, o conceito de signo corresponde à solidariedade entre o plano de expressão e conteúdo.

Ao dialogar o estudo de Hjelmslev (1975) com o ensino de química compreende-se que há uma similaridade entre a função semiótica e a forma como os significados químicos entrelaçam a representatividade de um modelo ao seu conteúdo conceitual. O plano de expressão corresponde aos critérios abstratos de interpretação e organização da matéria em suas percepções microscópicas. Enquanto o plano de conteúdo formata toda essa interpretação fenomenológica e condensada em conteúdo, também abstrato. Assim como propõe Hjelmslev (1975) que o signo não existe sem a solidariedade entre plano de

expressão e conteúdo, podemos dizer na química que conteúdo e modelo coexistem de forma complementar e significativa para o desenvolvimento cognitivo de um conceito.

É a partir desse diálogo teórico entre semiótica e ensino de química que o artigo discute os modelos atômicos presentes no Livro Didático (LD) adotado pelas principais escolas públicas do município de Goiás – GO.

2 METODOLOGIA

O estudo teve como alvo às quatro principais escolas do município de Goiás – GO, que foram: Colégio Estadual de Aplicação Professor Manuel Caiado; Colégio da Polícia Militar de Goiás João Augusto Perilo; Colégio Estadual Professor Alcides Jubé; Colégio Estadual Dr. Albion de Castro Curado. Eram escolas que ofertavam o Ensino Médio e esse consistia como um dos requisitos que contemplavam o conteúdo objeto da pesquisa, isto é, a abordagem dos conceitos sobre modelos atômicos e que apresentava uma maior expressividade e significado na disciplina de química.

Fez-se uma abordagem com as coordenações e bibliotecários de cada uma das escolas para sabermos quais eram os livros didáticos utilizados pelos professores de química. Das quatro escolas apenas uma não soube informar qual LD era utilizado pelo docente da disciplina química. Para as outras três escolas avaliadas o LD era o mesmo. Isso se deve ao fato dos professores de química da cidade se conhecerem e trabalharem nas mesmas escolas.

Assim, o LD de química escolhido pelas escolas no Programa Nacional do Livro Didático de 2015 (PNLD-2015) foi a coleção “Química cidadã”, identificada no PNLD como do Tipo 2 (27625COL21) da Editora AJS, 2ª edição 2013, dos autores coordenadores Wildson Luis Pereira dos Santos e Gerson de Sousa Mól.

Para fazer a análise do LD foi utilizado o método qualitativo de pesquisa que, segundo Triviños (2008), corresponde a uma proposta investigativa que não se engessa em sequências rígidas para o desenvolvimento da pesquisa. Se estabelece como uma proposta flexível, aberta a proposições e delimitações de novos caminhos para o desenvolvimento investigativo do estudo.

Desse modo, a análise dos dados da pesquisa foi feita a partir da leitura do LD e interpretação de como os modelos atômicos são apresentados na obra. Categorizamos os dados, que emergiram durante o trabalho de coleta de informações sobre os modelos atômicos no LD, e isso nos permitiu compreender a estruturação do conceito de modelo atômico no LD.

3 ANÁLISE DE DADOS

A principal característica do livro didático da coleção “Química cidadã” é a abordagem contextualizada do tema tratado no início de cada capítulo. Além disso, evidencia o caráter sociocientífico do conteúdo químico a partir de um enfoque fenomenológico dos conceitos destacando a transitoriedade e o caráter provisório do conhecimento científico. Isso nos permitiu organizar os dados em três categorias distintas, porém complementares. São elas:

a) Desenvolvimento e significação do conteúdo químico;

b) Representação dos modelos atômicos;

c) Signos e a delimitação dos modelos atômicos.

Discutiremos cada uma das categorias a seguir.

4 DESENVOLVIMENTO E SIGNIFICAÇÃO DO CONTEÚDO QUÍMICO

A construção e desenvolvimento do conceito de modelos atômicos são apresentados no livro didático no capítulo 05. O cuidado que os autores tiveram em fundamentar a concepção de átomo é percebida quando analisamos a estrutura organizacional dos capítulos que antecedem o conceito de modelo atômico.

Os autores buscaram fazer uma abordagem inicial a partir de aspectos macroscópicos discutindo a transformação da matéria e propriedade das substâncias (Cap.01) e métodos de separação (Cap.02). A linguagem química é trabalhada, de forma explicita, no capítulo 03, ao discutirem os constituintes das substâncias. Há um gradual exercício de abstração entre os aspectos macroscópicos e os microscópicos ao apresentar o conceito e a teoria cinética dos Gases (Cap. 04). No capítulo 4, também, se destaca o apontamento feito aos constituintes das substâncias, fundamentando a necessidade de compreensão do que são os átomos.

Esse entrelaçamento conceitual construído preliminarmente à abordagem dos modelos atômicos nos permite fazer uma correlação com o desenvolvimento da representação semiótica. Hjelmslev (1979) considera que o conceito de signo é definido de forma mais apurada a partir da função semiótica. Segundo o teórico dinamarquês o significado de signo se processa a partir da solidariedade entre o plano de expressão e o plano de conteúdo. O plano de conteúdo se configura, na organização linguística, como aquele capaz de projetar para além do signo uma grandeza. Essa grandeza subsidia a delimitação representacional do signo. O plano de expressão abrange o sentido e representação abstrata do conteúdo.

Quando Mól e Santos (et. al 2013) apresentam, anteriormente ao conceito de átomo, os aspectos macroscópicos da matéria estão desenvolvendo e fundamentando no leitor (estudante) a possibilidade de uma construção abstrata que tenha significado para a estruturação dos modelos atômicos. Fazemos essa inferência ao considerar que o exercício abstrato feito entre os aspectos macroscópicos e microscópicos da matéria nos capítulos iniciais corresponde a um diálogo entre o plano de expressão e conteúdo, como propõem Hjelmslev (1979) na explicação do conceito de função semiótica.

Podemos dizer que a abordagem fenomenológica apontada no livro didático discutindo: 1) Transformação e Propriedade das substâncias; 2) Métodos de separação - ampliando a concepção de características físicas e químicas nesses métodos; 3) Teoria cinética dos gases; ampara os conceitos químicos a partir de um plano de expressão (e conteúdo próprio) que desenham a partir dos constituintes da matéria a necessidade de um aprofundamento teórico. Isso significa que a percepção da configuração molecular nos processos de separação de misturas exige um diálogo abstrato com significados cada vez mais teóricos.

A correlação que fazemos entre a organização e estruturação dos capítulos iniciais do livro didático (LD) com a função semiótica de Hjelmslev (1979) considera que a maneira como é elaborada a abordagem dos conceitos químicos fundamenta o plano de conteúdo. Projeta para além dos símbolos químicos as grandezas necessárias para um desenvolvimento abstrato de conceitos posteriores. O plano de expressão, isto é, o significado de tais signos se formata como uma construção sistematizada.

Hjelmslev (1979) nos diz que a função semiótica se constitui pela solidariedade entre o plano e expressão e o plano de conteúdo. Isso nos permite dizer que em cada capítulo os conceitos são significados a partir de uma compreensão de signos estruturados em planos de expressão e conteúdo que delimitam o que é necessário para a aprendizagem e representação abstrata de conceitos químicos no contexto do LD.

Quando apontamos a representação abstrata dos conceitos químicos no LD amparados em uma estruturação do plano de expressão e conteúdo da função semiótica, consideramos que a parte inicial dos capítulos – denominada de Tema em Foco – atribui um significado, de forma contextual, em que serão empregados os conceitos. É o que acontece nos capítulos 01 e 02, em que o Tema em Foco discutem: **Consumismo: Mal do Século XXI** e **Reutilizar e Reciclar: retornando o material ao ciclo útil**.

O plano de conteúdo e expressão do capítulo 01 é enfatizado na elaboração conceitual entre a relação de transformação da matéria destacando a seguinte definição

"Transformações químicas são processos em que há formação de novas substâncias. As substâncias iniciais são chamadas de reagentes e as substâncias formadas são chamadas de produtos" (MÓL e SANTOS, et al, 2013, p.15). Esse conceito dialoga com as figuras que o texto elenca ao longo do capítulo. Dessa forma, a solidariedade entre a expressão e o conteúdo, ou seja, entre os conceitos e a representação abstrata é abordada ao fazer referência aos produtos derivados da transformação química da matéria.

Essa interação entre os planos de expressão e conteúdo vão se intensificando com a apresentação dos conceitos químicos. Os signos são destacados por letras em negrito ao longo do texto. A demarcação semiótica se evidencia com a diagramação do texto e a disposição das figuras que ilustram os principais conceitos apresentados no texto. Isso também nos mostra que o desenvolvimento do pensamento formal (PIAGET, 2007) vai se formatando cada vez mais complexo.

Essa é uma característica que percorre por todo o LD. O exercício abstrato não se limita apenas ao entrelaçamento dos planos de conteúdo e de expressão, como se espera na função semiótica. O LD apresenta momentos em que direciona o leitor a fazer um diálogo tríplice entre: o conhecimento já estabelecido cognitivamente, aquele apresentado no LD e as proposições experimentais e fenomenológicas do capítulo.

O ensino de química centrado em abordagens Representacionais, Teóricas e Fenomenológicas, como destaca Mortimer, Machado e Romaneli (1999), exigem uma construção abstrata que permita aos sujeitos dar significado ao conteúdo estudado. Esse desenvolvimento da aprendizagem é bem elaborado no LD, permitindo ao leitor compreender de forma expressiva as relações e correlações que são trabalhadas durante a apresentação dos conceitos no LD.

É importante destacar que a abordagem matemática presente nos capítulos 01, 02 e 03 está amplamente voltada para a caracterização qualitativa. Compreendemos que o livro faz, até o capitulo 03, uma introdução aos conceitos químicos. Por isso a relação entre os aspectos matemáticos e químicos são apresentados em sua maior parte a partir e uma representação qualitativa. A abordagem quantitativa tem um propósito interpretativo ao se discutir o conceito de densidade relacionado o cálculo com a representação e interpretação química da relação entre massa e volume que os materiais apresentam.

Verificamos uma sutileza entre a abstração do mundo macroscópico para microscópico e suas relações interpretativas que incitam a interdisciplinaridade no ensino de conceitos químicos. Ao longo de todo o texto os autores procuram estabelecer esse balanço entre o fenomenológico, teórico e o representacional. Compreendemos que esse

cuidado com a construção dos conceitos químicos evoca um constante diálogo entre os significados dos signos e suas representações significativas para o leitor. Buscar distanciar o leitor da caricatura de um ensino de química em que se decoram fórmulas justifica a retomada dialógica interdisciplinar durante toda a leitura.

No entanto, consideramos que o LD trabalha a retomada conceitual no fim de cada capítulo de forma simples, não incitando uma nova problemática introdutória a novos conceitos necessários para a compreensão da natureza íntima da matéria. Nesse sentido, apresenta um tópico denominado "**O que aprendemos nesse capítulo**", que resume os principais conceitos discutidos ao longo do texto. Uma vez que a proposta do LD faz uma leitura inicial dos conceitos de forma bastante contextualizada, a retomada da temática a partir da aplicação dos conceitos estudados seria mais significativa para o leitor.

A maneira como é finalizado o capítulo no LD direciona o foco totalmente ao conceito. Coloca em segundo plano toda a aproximação interdisciplinar presente no texto. Destacamos ainda que isso leva o leitor a fazer uma supervalorização do signo em relação ao desenvolvimento cognitivo do conteúdo apresentado no capítulo estudado.

Apesar dessa supervalorização dos signos no fim dos capítulos introdutórios, o LD trabalha a construção de um pensamento abstrato sinalizando aos conceitos químicos estudados inicialmente sua relevância interpretativa do mundo a partir dos aspectos macroscópicos. O LD oferece elementos para o desenvolvimento abstrato do conceito químico com significado ao fazer uma aproximação interdisciplinar de conteúdos distintos.

Considerando o movimento de exercício abstrato entre os aspectos macroscópicos e microscópicos da matéria de forma singular nos capítulos iniciais, discutiremos na categoria a seguir, como essa fundamentação teórica introdutória dos conceitos químicos no LD dialoga com a construção do conceito de modelos atômicos.

5 REPRESENTAÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS

Os capítulos 04 e 05 fazem um direcionamento dos conceitos químicos para os aspectos microscópicos de forma bastante fluida. No capítulo 04 a discussão da teoria cinética dos gases inicia o desenvolvimento de modelos atômicos ao abordar moléculas e substâncias no estado gasoso como esferas. Essa representação permite inferir comportamentos cinéticos das partículas gasosas considerando as variações de temperatura, volume e pressão.

A fundamentação teórica do capítulo 04 elucida a relação abstrata entre o mundo macroscópico e o microscópico, pois a explicação de fenômenos observáveis a olho nu é deduzida a partir da compreensão teórica do comportamento das partículas à luz da cinética dos gases.

Pozo e Crespo (2009) ao discutirem a aprendizagem de conceitos científicos como um processo de desenvolvimento cognitivo que implica em uma mudança conceitual, enfatiza a necessidade de se superar o realismo interpretativo em sala de aula. Isso significa que é preciso que os alunos vislumbrem o conhecimento científico, não simplesmente a partir de um paralelismo com o conhecimento cotidiano, mas como teorizações mais complexas e abrangentes do que as teorias implícitas que os estudantes assumem como balizas para explicar os fenômenos estudados.

Dessa forma, quando Santos e Mól (et. al, 2013) iniciam o capítulo 04 com uma abordagem matemático-qualitativa ao explicar e exemplificar os conceitos de medida, grandeza e modelo sustentam uma relação dialógica entre o modelo científico e as representações visuais com um significado relevante para a discussão do conteúdo químico, especificamente o modelo atômico, em sua natureza fenomenológica, representacional e teórica.

Isso permitirá aos alunos compreenderem que o exercício abstrato exige uma superação das interpretações imediatas da natureza macroscópica da matéria. As variáveis que dão significado a um signo, no universo microscópico da matéria, precisam ser evidenciadas e interpretadas à luz do plano de expressão – a forma como são apresentadas, os movimentos e os comportamentos que as partículas assumem – e conteúdo – a maneira como são representadas e que assumem um significado conceitual –, pois dessa forma se torna possível estabelecer um dialoga com a compreensão dos alunos para além de um realismo interpretativo.

É nesse sentido que a relação semiótica entre os conceitos químicos e seus significados se intensificam no capítulo 04, ou seja, os planos de expressão e conteúdo buscam uma relação mais evidente que possa destacar o signo e o atrelar ao seu significado de uma forma gradual e cada vez mais complexa. A figura 01, abaixo, nos apresenta o desenvolvimento desse exercício abstrato.

Figura 01 Abordagem matemático-qualitiativa dos conceitos de medida, grandeza e modelo



FONTE: SANTOS, W.L P. e MÓL, G. S (Coord.). Química Cidadã. Vol.1, 2ª edição, São Paulo: Editora AJS, 2013.

A figura 01 nos mostra o desenvolvimento do conceito de exatidão relacionando-o de duas formas distintas. A primeira de maneira empírica, direcionando a acurácia de se acertar um determinado alvo. Essa proposição interpretativa liga o signo exatidão ao conceito de precisão que o indivíduo deverá dominar quando manipular determinado instrumento, exemplificado pelo dardo. De forma correlata, esse mesmo domínio da exatidão é vinculada aos instrumentos de laboratório direcionando o leitor à maior acurácia dos recipientes utilizados para medidas de substâncias.

Percebemos que o conceito de exatidão não é simplesmente um dado proveniente de um cálculo matemático. Assume uma dimensão além dos signos que uma fórmula, seja ela química ou matemática, podem atribuir a um número. Aos significados já dimensionados cognitivamente pelo aluno/aluna, a partir da experiência cotidiana, o signo – materializado nos substantivos acurácia e exatidão – é direcionado também para representação de um conceito químico.

A introdução matemática assume um significado para além do signo, ou seja, precisa representar algo que não se formata no campo visível, é se afastar do realismo interpretativo (POZO; CRESPO, 2009). A abstração começa a se desenhar amparada em uma construção cognitiva que exige do aluno/aluna um passo para além de suas teorias implícitas, como propõem Pozo e Crespo (2009).

E esse aprofundamento teórico dos conceitos químicos, e consequentemente o exercício abstrato do conhecimento químico, ao longo do texto vão exigindo uma delimitação matemática mais quantitativa e, assim, o tratamento dos signos começam a demandar uma significação numérica expressiva não desvinculada dos aspectos conceituais que os cercam.

Sendo assim, os autores relacionam os signos à suas representações matemáticas incitando dessa forma a inserção de fórmulas para o desenvolvimento do conhecimento

químico. Essa construção matemática se acentua com a necessidade de interpretações cada vez mais relacionadas ao comportamento microscópico da matéria.

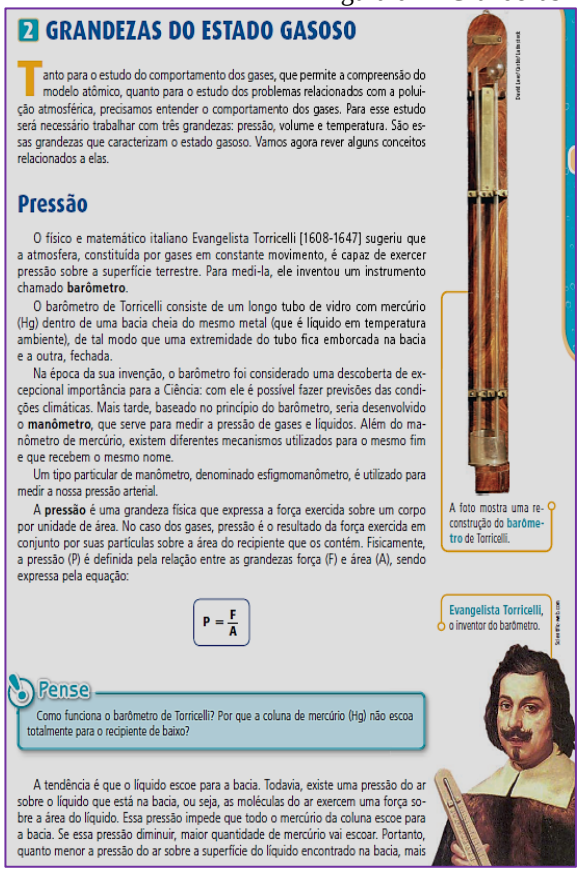
É o que nos mostra a figura 02 a). As grandezas do estado gasoso têm sua representatividade em fórmulas físico-matemáticas para delimitarem cada uma das variáveis: pressão, temperatura e volume.

O aspecto histórico de apresentação da variável pressão assume um contexto epistemológico na compreensão do conhecimento científico. Podemos visualizar essa tangência histórica como uma tentativa de os autores demarcarem como as teorias implícitas podem ser dimensionadas a partir dos obstáculos vivenciados pelos cientistas ao logo do desenvolvimento dos conhecimentos científicos.

O significado dos signos, em sua amplitude semiótica, exige que os alunos/alunas ao acessarem o conteúdo presente no LD entrem em contato com suas teorias implícitas e o contexto histórico formatará os elementos necessários para uma percepção de quais são as constituições de seus pontos de partida para iniciar o desenvolvimento da aprendizagem.

Figura 02 – Grandezas físicas do estado gasoso

a)



2 GRANDEZAS DO ESTADO GASOSO

Tanto para o estudo do comportamento dos gases, que permite a compreensão do modelo atômico, quanto para o estudo dos problemas relacionados com a poluição atmosférica, precisamos entender o comportamento dos gases. Para esse estudo será necessário trabalhar com três grandezas: pressão, volume e temperatura. São essas grandezas que caracterizam o estado gasoso. Vamos agora rever alguns conceitos relacionados a elas.

Pressão

O físico e matemático italiano Evangelista Torricelli [1608-1647] sugeriu que a atmosfera, constituída por gases em constante movimento, é capaz de exercer pressão sobre a superfície terrestre. Para medi-la, ele inventou um instrumento chamado **barômetro**.

O barômetro de Torricelli consiste de um longo tubo de vidro com mercúrio (Hg) dentro de uma bacia cheia do mesmo metal (que é líquido em temperatura ambiente), de tal modo que uma extremidade do tubo fica emborcada na bacia e a outra, fechada.

Na época da sua invenção, o barômetro foi considerado uma descoberta de excepcional importância para a Ciência: com ele é possível fazer previsões das condições climáticas. Mais tarde, baseado no princípio do barômetro, seria desenvolvido o **manômetro**, que serve para medir a pressão de gases e líquidos. Além do manômetro de mercúrio, existem diferentes mecanismos utilizados para o mesmo fim e que recebem o mesmo nome.

Um tipo particular de manômetro, denominado esfigmomanômetro, é utilizado para medir a nossa pressão arterial.

A **pressão** é uma grandeza física que expressa a força exercida sobre um corpo por unidade de área. No caso dos gases, pressão é o resultado da força exercida em conjunto por suas partículas sobre a área do recipiente que os contém. Fisicamente, a pressão (P) é definida pela relação entre as grandezas força (F) e área (A), sendo expressa pela equação:

$$P = \frac{F}{A}$$

A foto mostra uma reconstrução do barômetro de Torricelli.

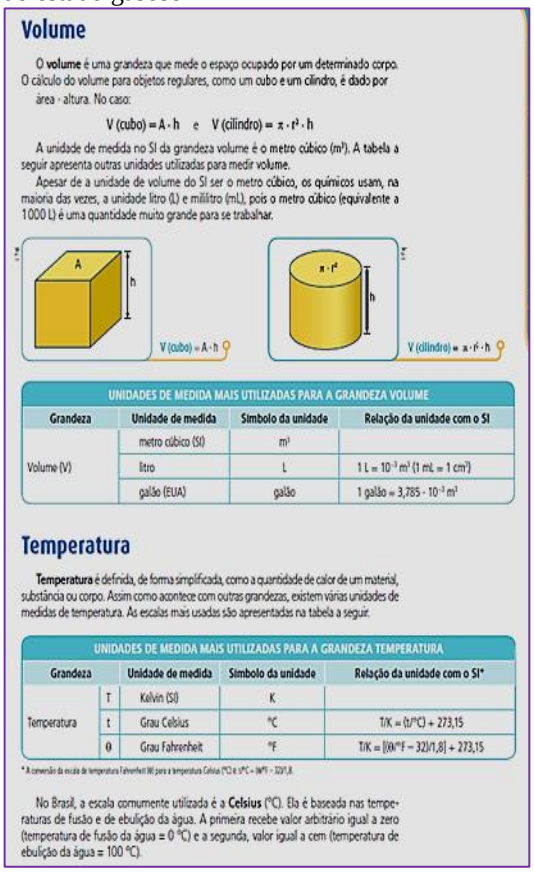
Evangelista Torricelli, o inventor do barômetro.

Pense

Como funciona o barômetro de Torricelli? Por que a coluna de mercúrio (Hg) não escoa totalmente para o recipiente de baixo?

A tendência é que o líquido escoe para a bacia. Todavia, existe uma pressão do ar sobre o líquido que está na bacia, ou seja, as moléculas do ar exercem uma força sobre a área do líquido. Essa pressão impede que todo o mercúrio da coluna escoe para a bacia. Se essa pressão diminuir, maior quantidade de mercúrio vai escoar. Portanto, quanto menor a pressão do ar sobre a superfície do líquido encontrado na bacia, mais

b)



Volume

O **volume** é uma grandeza que mede o espaço ocupado por um determinado corpo. O cálculo do volume para objetos regulares, como um cubo e um cilindro, é dado por área · altura. No caso:

$$V(\text{cubo}) = A \cdot h \quad \text{e} \quad V(\text{cilindro}) = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

A unidade de medida no SI da grandeza volume é o metro cúbico (m^3). A tabela a seguir apresenta outras unidades utilizadas para medir volume.

Apesar de a unidade de volume do SI ser o metro cúbico, os químicos usam, na maioria das vezes, a unidade litro (L) e mililitro (mL), pois o metro cúbico (equivalente a 1000 L) é uma quantidade muito grande para se trabalhar.

UNIDADES DE MEDIDA MAIS UTILIZADAS PARA A GRANDEZA VOLUME

Grandeza	Unidade de medida	Símbolo da unidade	Relação da unidade com o SI
Volume (V)	metro cúbico (SI)	m^3	
	litro	L	1 L = 10^{-3} m^3 (1 mL = 1 cm^3)
	galão (EUA)	galão	1 galão = 3,785 · 10^{-3} m^3

Temperatura

Temperatura é definida, de forma simplificada, como a quantidade de calor de um material, substância ou corpo. Assim como acontece com outras grandezas, existem várias unidades de medidas de temperatura. As escalas mais usadas são apresentadas na tabela a seguir.

UNIDADES DE MEDIDA MAIS UTILIZADAS PARA A GRANDEZA TEMPERATURA

Grandeza		Unidade de medida	Símbolo da unidade	Relação da unidade com o SI*
Temperatura	T	Kelvin (SI)	K	
	t	Grau Celsius	°C	T/K = (t/°C) + 273,15
	θ	Grau Fahrenheit	°F	T/K = [(θ/°F − 32)/1,8] + 273,15

* A conversão da escala de temperatura Fahrenheit (θ) para a temperatura Celsius (°C) é: t/°C = (θ/°F − 32)/1,8.

No Brasil, a escala comumente utilizada é a **Celsius** (°C). Ela é baseada nas temperaturas de fusão e de ebulição da água. A primeira recebe valor arbitrário igual a zero (temperatura de fusão da água = 0 °C) e a segunda, valor igual a cem (temperatura de ebulição da água = 100 °C).

Fonte: FONTE: SANTOS, W.L P. e MÓL, G. S (Coord.). Química Cidadã. Vol.1, 2ª edição, São Paulo: Editora AJS, 2013, p.119 - 120.

Contudo, as apresentações das demais variáveis, volume e temperatura, não se efetivam a partir de uma abordagem histórica, e por isso menos epistemológica. A figura 02 b) ilustra a representação físico-matemática das variáveis presente nos sistemas gasosos.

Essa instrumentalização do pensamento ao articular o abstrato e teórico se torna fundamental para compreender a elaboração de um modelo, principalmente no que tange a representação de átomos. Amparar o exercício de abstração a partir de uma base teórica confere significado ao signo assim como permite ao indivíduo fazer uma distinção entre uma explicação meramente empírica e aquelas fundamentadas em um corpo teórico. Outro aspecto importante a destacar é o processo gradual entre a relação qualitativa e quantitativa, isto é, a transição entre os conceitos e suas representações físico-matemáticas.

Tais transições permitem fazer uma correlação do estado gasoso com as transformações que são capazes de sofrer a partir da variação de grandezas como pressão, volume e temperatura. Essa correlação permite ao leitor dar significado aos comportamentos que as substâncias no estado gasoso poderão apresentar. É a partir desse direcionamento que podemos fazer um diálogo entre a representação e os signos que o livro didático elenca.

Quando Saussure (2012) nos diz que o circuito da fala pressupõe a associação entre os conceitos e as imagens psíquicas desencadeadas através da comunicação, o teórico nos afirma que os signos linguísticos se tornarão significativos a partir da interrelação entre conceito e imagem acústica. Isso corrobora o exercício que o livro didático faz ao promover um diálogo entre os conceitos químicos e suas representações gráficas.

Compreendemos que tal exercício é uma tentativa de promover um circuito da fala. Obviamente, um circuito da fala em que um dos indivíduos está ausente e sem a possibilidade de *feedback.* No entanto, o ponto central nesse processo se configura na construção do significado além do próprio signo. Nesse sentido, o contexto das imagens apresentadas ao longo do texto didático, evidenciando o comportamento do estado gasoso, são representações dos movimentos das partículas.

Isso permite aos leitores construírem uma concepção comportamental das partículas no estado gasoso que estão para além da representação do signo. Isso nos direciona para o entendimento do significado do conceito de signo elaborado por Saussure (2012), que diz:

> o signo linguístico une não uma coisa e uma palavra, mas um conceito e uma imagem acústica. Esta não é o som material, coisa puramente física, mas a impressão (*empreinte*) psíquica desse som, a representação que dele nos dá o testemunho de nossos sentidos; tal imagem é sensorial e, se chegamos a chamá-la "material", é somente nesse sentido, e por oposição ao outro termo da associação, o conceito, geralmente mais abstrato (SAUSSURE, 2012, p. 106).

Representamos o conceito de signo do teórico genebrino, ao referenciar a tentativa de construção simbólica do comportamento dos gases no livro didático a partir da figura 03 a seguir.

Figura 03 – Representação do comportamento das partículas no estado gasoso



Fonte: FONTE: SANTOS, W.L P. e MÓL, G. S (Coord.). Química Cidadã. Vol.1, 2ª edição, São Paulo: Editora AJS, 2013, p.129.

As representações permitem equacionar, cognitivamente no aluno/aluna, uma imagem psíquica que envolve a individualidade, o movimento e as grandezas implícitas (pressão, volume e pressão) no comportamento das substâncias no estado gasoso. A relevância de se apresentar a dinâmica de correlação entre o conceito químico, físico e matemático das substâncias no estado gasoso fundamenta o desenvolvimento de imagens psíquicas capazes de expressar um entendimento conceitual em que o signo representa um conjunto de abstrações pautadas em contextos teóricos.

Apesar de o livro didático apresentar uma dinâmica que corrobora a transição entre o conceito e a imagem psíquica, ou de forma mais precisa entre o delineamento teórico e a representação do estado físico, falta a proposição de um delineamento experimental que evocaria o conceito químico de exatidão trabalhado no início do capítulo. Ao final do capítulo 04 os autores apresentam a teoria cinética dos gases após a representação do comportamento isobárico e isocórico demonstrado pela manipulação de uma seringa com o êmbolo sendo comprimido.

Compreendemos que essa proposta interpretativa poderia ser apresentada no livro como uma prática experimental. Isso permitiria construir um novo viés conceitual a partir de uma problemática investigativa e elaboração de hipóteses que poderiam ser contrastadas com os tópicos Leis Gerais dos Gases e Teoria Cinética dos Gases apresentados no final do capítulo.

Entendemos que dessa forma se colocaria em discussão a formalização do conceito abstrato que o leitor teria construído até essa etapa de estudo com o livro didático. Além disso, teria como foco exercitar a elaboração de hipóteses centradas em um campo teórico, evidenciando o caráter investigativo da ciência, a necessidade de diálogo entre os pares e a não linearidade do conhecimento científico.

Mesmo com essa não abordagem experimental ao fim do estudo químico sobre os gases, o contexto que antecede o capítulo dos modelos atômicos serve para situar os leitores, e principalmente os alunos/alunas em sala de aula, que o conhecimento químico, assim como todo conhecimento científico, não está isolado. Corresponde a uma construção conjunta entre áreas distintas para uma compreensão ampla e significativa da natureza e do universo que a cerca.

É a partir dessa perspectiva dialógica do conhecimento científico que o capítulo 5 tem o seu prelúdio desenvolvido. O tema em foco, que introduz o capítulo (Modelos atômicos), nos apresenta uma perspectiva do conhecimento interdisciplinar que envolve o estudo da natureza intima da matéria. O texto inicial discute sobre a camada de ozônio e a radiação solar direcionando os leitores para uma compreensão sobre as partículas que compõem a camada atmosférica que envolve o planeta terra e sua interação com a radiação solar. Amplia também a discussão para os efeitos da radiação solar sobre a pele dos seres humanos.

Os conceitos que permeiam o texto estão implicitamente relacionados com os capítulos anteriores, pois envolve as grandezas envolvidas no capítulo 04 além do comportamento dos gases. Compreender os conceitos químicos pela ótica interdisciplinar significa elaborar uma imagem psíquica em que o grau de abstração se ampara na função semiótica, como propõe Hjlemslev (1979).

Forma e conteúdo são tudo aquilo que estruturam o que chamamos de signo. Relacionar conceito e a representação abstrata de um signo depreende os aspectos teóricos de um determinado campo de aprendizagem. A dinâmica inicial do capítulo 05 nos apresenta essa perspectiva de desenvolvimento da aprendizagem ao elaborar um contexto

teórico e interdisciplinar que fundamenta o conceito de modelos atômicos. É o que discutiremos na categoria a seguir.

6 SIGNOS E A DELIMITAÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS

A apresentação do conceito de modelo atômico, feita ao longo do capítulo 05, se estabelece de forma complexa. Fazemos essa inferência, pois consideramos que os modelos são elencados de forma linear e hierárquica. Em outras palavras, os autores condensam a teoria atômica de Dalton, Thomson e Rutherford para que sejam apresentadas de maneira sequencial, levando o leitor a compreender que os estudos foram elaborados a partir de pesquisa que os precederam, no entanto, executados de forma isolada.

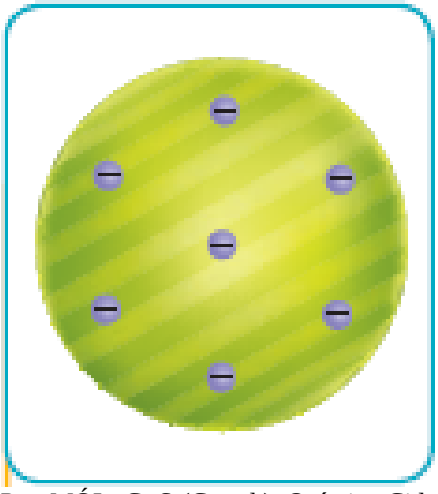
Para o modelo atômico de Dalton o conceito é apresentado a partir das quatro hipóteses do cientista. O formato textual prevalece na conceituação do átomo. Não há nenhuma relação entre o teórico e o abstrato na construção do modelo. A referência feita ao campo abstrato se dá exclusivamente na correlação entre as características hipotéticas do átomo de Dalton e a bola de bilhar.

Compreendemos que a proposição da teoria atômica de Dalton poderia ser vinculada ao estudo dos gases. Quando o comportamento dos gases é evidenciado a partir da compreensão das grandezas temperatura, volume e pressão associados à movimentação das partículas, o modelo atômico de Dalton poderia ser apresentado para se compreender melhor a constituição da matéria.

Esse seria o momento para relacionar dois aspectos importantes para o desenvolvimento do conceito de modelos atômicos. Primeiro, estabelecer diálogo entre áreas distintas e representações conceituais, a fim de abranger tanto relações conceituais como associações abstratas. Segundo evidenciar o desenvolvimento histórico do conhecimento científico evidenciando a necessidade de compreensão epistemológica de construção do conhecimento científico. Apesar dos autores tentarem fazer esse diálogo no capítulo 05, ele ainda aparece de forma incipiente.

Para o modelo atômico de Thomson os signos que melhor representam a proposição de átomo são: carga elétrica e partículas negativas. O desenho que ilustra o modelo é apresentado na figura 04.

FIGURA 04 – Representação do modelo atômico de Thomson



Fonte: FONTE: SANTOS, W.L P. e MÓL, G. S (Coord.). Química Cidadã. Vol.1, 2ª edição, São Paulo: Editora AJS, 2013, p.153.

Assim, como o modelo atômico de Dalton, consideramos que o átomo de Thomson poderia ser apresentado em conjunto com o capítulo 04, que discute sobre os gases. O qual, poderia ser explicado, a partir da representação simbólica do átomo, com suas cargas positivas, o comportamento dos gases não ideais e a interação das partículas no estado gasoso.

A necessidade que o livro didático apresenta em colocar todos os modelos atômicos em um único capítulo distancia signos que poderiam ser trabalhados em conjunto entrelaçando de forma mais significativa conceitos que se complementam. Uma vez que os conteúdos são elencados em capítulos diferentes, os modelos atômicos são apresentados quase exclusivamente de forma textual. Entendemos, que o excesso de texto direciona os alunos a construção abstrata que exige um posicionamento efetivo do professor para auxiliar na interpretação e construção abstrata dos indivíduos.

O modelo atômico de Rutherford é introduzido ao leitor ao se fazer uma referência aos experimentos que evidenciava os fenômenos radioativos. Isso fundamenta a proposição do modelo de Rutherford, isto é, direciona a interpretação do leitor para a compreensão das particularidades do átomo a partir do fenômeno radioativo. No entanto, isso é feito apresentando o conceito de radioatividade de maneira superficial, discorrendo sobre o casal Curie e os estudos de Röntgen de forma apressada.

Para que se entenda o conceito do modelo atômico de Rutherford os autores poderiam fazer uma retomada histórica da descoberta da radioatividade e seus principais impactos na humanidade. Os acidentes radioativos (Chernobyl, Goiânia e Fukushima)

deveriam fazer parte do capítulo para situar os leitores e o próprio estudante sobre a natureza das partículas e raios radioativos.

Esse diálogo entre a experimentação científica e os aspectos teóricos poderiam dimensionar, também, o papel da experimentação na ciência e no ensino de ciências. Hodson (1988) afirma que a experimentação não pode ser compreendida apenas como uma manipulação equipamentos e substâncias em bancadas. É, nesse sentido, que essa aproximação entre a experimentação, evidenciada no desenvolver dos modelos atômicos, forneceria elementos para serem discutidos em sala de aula sobre qual o significado da experimentação na ciência, em se fazer ciências e para o ensino de ciências. Isso permitiria que os alunos/alunas compreendessem que a experimentação não é neutra e muito menos isolada.

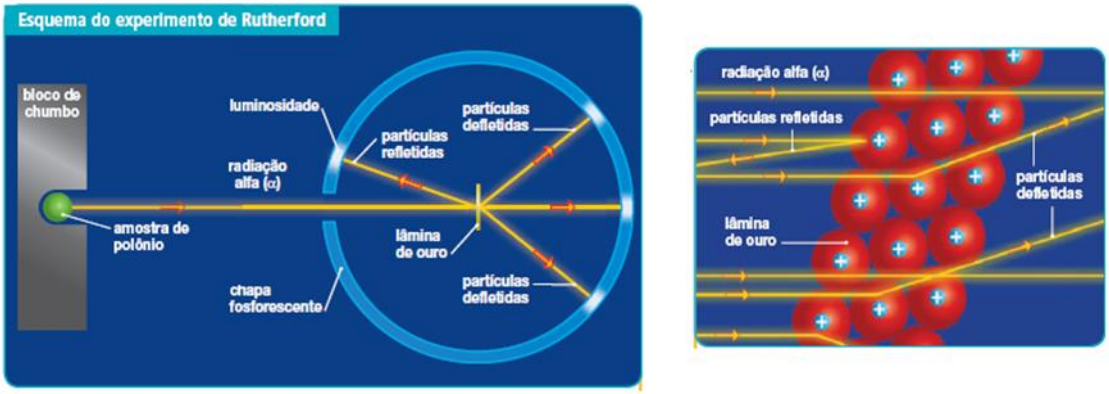
Há uma tentativa dos autores do LD de aproximarem os significados do diálogo experimental a partir da elaboração do conceito de modelo atômico de Rutherford e o relacionado com o modelo de Thomson. Isso é feito de uma maneira muito resumida e em um único parágrafo.

> No fim do século XIX, o físico neozelandês Ernest Rutherford [1871-1937] foi convencido por J. J. Thomson a trabalhar com o fenômeno então recentemente descoberto: a radioatividade. Seu trabalho permitiu a elaboração de um modelo atômico que possibilitou o entendimento da radiação emitida pelos átomos de urânio, polônio e rádio (SANTOS, W.L P. e MÓL, G. S (Coord.), 2013, p.154).

Após fazer esse apontamento, o texto evidencia para o leitor dois signos que são uma constante na explicação do modelo de Rutherford: partícula **Alfa** e **Beta.** A partícula alfa sustenta a explicação do experimento do cientista e, consequentemente, assume papel fundamental na elaboração da representação do modelo atômico. O entendimento teórico do que se trata as partículas alfa e beta nos modelos atômicos enfatiza o significado da experimentação na ciência (HODSON, 1988) e como demarca a natureza do trabalho científico e do cientista na ciência. Isso corrobora o papel do cientista não o caracterizando a partir de visões distorcidas da ciência como discute (CHALMERS, 2011).

O livro didático faz essa representação a partir da seguinte relação. Inicialmente explicita como o experimento se comportou e logo em seguida, explica a razão do fenômeno observado. As duas representações são apresentadas na figura 05 a seguir.

FIGURA 05 – Representação do experimento e do modelo atômico de Rutherford



FONTE: SANTOS, W.L P. e MÓL, G. S (Coord.). Química Cidadã. Vol.1, 2ª edição, São Paulo: Editora AJS, 2013, p.156 e 158

A abstração apresentada pelos autores para interpretação e desenvolvimento do modelo atômico de Rutherford permite ao leitor aproximar a representação de átomo apresentado e o comportamento verificado no experimento. É a primeira apresentação que se aproxima de uma interpretação mais significativa para o entendimento da natureza atômica.

Fazemos essa inferência, pois a organização do texto e das ilustrações feitas se aproxima de algo real aos leitores e aos alunos em sala de aula. O contexto histórico sobre radioatividade abordado inicialmente elabora uma representação conceitual, ou seja, as partículas alfa e beta se configuram como algo plausível para a natureza da matéria. Quando o comportamento das partículas é explicado pela natureza organizacional do material e dos átomos que a constituem, ilustrando tal fenômeno graficamente, um novo signo é significado, isto é, forma e conteúdo se apresentam de forma solidária para o entendimento do novo conceito formatado. A representação do átomo de Rutherford é, então, elaborada a partir da delimitação de uma região central altamente massiva e outra periférica onde se localizam as partículas carregadas negativamente. O desenho apresentado na extremidade direita da figura 05 representa o modelo atômico de Rutherford.

Ao terminar a apresentação dos primeiros modelos atômicos (Dalton, Thomson e Rutherford) os autores apresentam os conceitos de: Número Atômico, Massa atômica, Elementos químicos e Isótopos e as Partículas atômicas. Compreendemos que fazer a distinção de cada um desses conceitos é importante, porém poderiam estar relacionados à abordagem inicial dos modelos atômicos. Quando Dalton, Thomson e Rutherford caracterizam o átomo relaciona-os aos seus aspectos quantitativos, sendo a massa um deles.

Abordar o significado de massa atômica durante a proposição dos modelos atômicas traria à tona outra abordagem de conteúdo que geralmente se torna complexa e não significativa para os alunos/alunas, esse conteúdo se refere à organização dos elementos na tabela periódica. Evidenciar a forma como os átomos eram identificados, principalmente durante a abordagem dos modelos atômicos, clarificaria a necessidade de aprofundamento do conceito de modelos atômicos ampliando o espectro de compreensão da natureza atômica e suas formas na organização periódica.

Consideramos que a tabela periódica, principalmente aquela organizada por Mendeleev, envolve partículas que os modelos de Dalton e Thomson não tinham elencado em seus modelos. No entanto, os modelos de Dalton e Thomson evidenciaria outras organizações dos elementos em tabelas periódicas que antecederam o modelo de Mendeleev.

Ao fazer apresentação dos conceitos de Número Atômico, Massa atômica, Elementos químicos e Isótopos e as Partículas atômicas os conteúdos são apresentados de forma descontextualizadas. O conceito se preocupa mais com os aspectos teórico e o representacional. O aspecto fenomenológico não é destacado na apresentação do conceito.

Ao final do capítulo são apresentados mais dois modelos atômicos: Bohr e o Quântico. Para o modelo atômico de Bohr os autores fazem, inicialmente, uma proposição experimental para se verificar o espectro luminoso emitido pela excitação de elementos químicos distintos. A experimentação contextualiza e problematiza o conceito de modelo atômico relacionando-o com o fenômeno da emissão luminosa observada durante a experimentação.

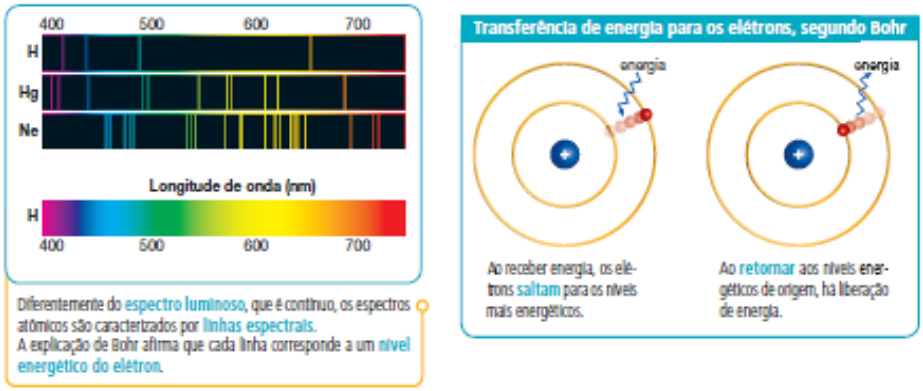
O LD, mesmo que não traga a discussão da aprendizagem baseada em problemas, demarca o papel do problema, sua solução dialógica e compartilhada. Hmelo-Silver (2004) afirma que a aprendizagem baseada em problemas demanda o exercício do conhecimento prévio e estimula o processamento de novas informações. Nesse sentido, o que os autores do LD propõem ao estabelecer uma problematização do modelo atômico de Bohr se configura como uma maneira de centralizar o desenvolvimento cognitivo dos alunos/alunas para o processamento de uma informação nova que exige uma articulação com os conteúdos prévios.

É dessa forma que a problematização do conceito atômico inicia a discussão teórica do conceito luz. Plano de expressão e conteúdo se entrelaçam e evocam cognitivamente a compreensão do que seja luz e como as cores podem imprimir

interpretações diferentes a respeito do conceito de átomo. Os autores, então, vinculam a introdução do modelo atômico de Bohr ao espectro de luz emitido pelo átomo de hidrogênio na região da luz visível.

As linhas espectrais são utilizadas para explicar o comportamento das emissões luminosas em frequências diferentes, consequentemente, em cores diferentes. Isso fundamenta a interpretação do modelo atômico de Bohr, relacionando-o com a disposição dos elétrons em camadas com quantidades energéticas distintas. Essa explicação é ilustrada de forma significativa ao evidenciar o conteúdo energético distinto em cada uma das camadas eletrônicas. A figura 06 nos mostra a relação entre as linhas espectrais e a representação do átomo.

FIGURA 06 – Representação do espectro de luz e a transição de elétrons entre camadas energéticas diferentes.



Fonte: SANTOS, W.L P. e MÓL, G. S (Coord.). Química Cidadã. Vol.1, 2ª edição, São Paulo: Editora AJS, 2013, p.170 e 171.

A figura 06 nos mostra a relação entre os planos de expressão e conteúdo. O lado esquerdo corresponde ao plano de conteúdo em uma linguagem físico-química apresentado pelo espectro luminoso emitido por um átomo. A interpretação desse espectro pode ser feita a partir do plano de expressão, apresentado pelo modelo atômico do lado direito da figura 06. O plano de expressão está representando a transição eletrônica do elétron que justifica as linhas espectrais visualizadas na figura à esquerda.

Nota-se que a representação do modelo atômico de Bohr discrimina o átomo a partir de uma discussão mais elaborada das regiões central e periférica. Acrescenta-se ao modelo atômico o conceito de camadas eletrônicas energéticas, o que caracterizará o átomo com 7 camadas distintas.

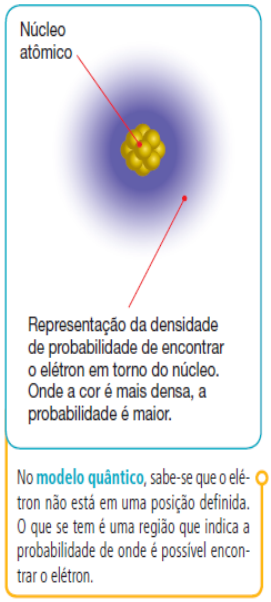
Em relação à apresentação do conceito de modelo quântico para o átomo os autores reiteram o modelo proposto por Bohr. Fazem uma complementação apresentando

o conceito de orbitais, os quais são referidos como resultados de estudos e cálculos matemáticos complexos que aprofundavam o entendimento da natureza íntima do átomo.

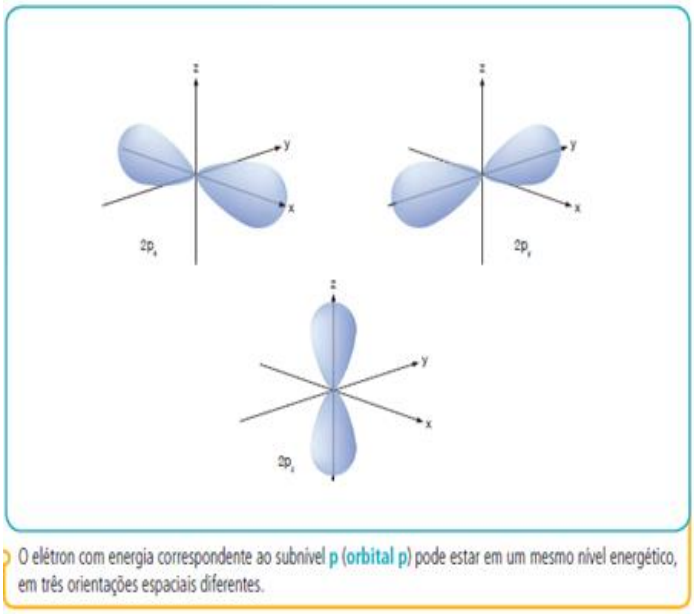
Destacam o conceito de orbitais como sendo "a região do espaço em que há a maior probabilidade de encontrarmos o elétron (SANTOS, W.L P. e MÓL, G. S (Coord.), 2013, p.172)". A definição é acompanhada pela representação gráfica da região orbital no próprio átomo, como apresentado na figura 07 a).

FIGURA 07 – Representação do orbital no modelo atômico quântico

a)



b)



Fonte: SANTOS, W.L P. e MÓL, G. S (Coord.). Química Cidadã. Vol.1, 2ª edição, São Paulo: Editora AJS, 2013, p.172.

Os planos de expressão e conteúdo são fundamentais no diálogo que os autores fazem entre teoria e representação semiótica dos conceitos apresentados. O aprofundamento do conteúdo segue a complexidade que os modelos atômicos quânticos estão assentados. O capítulo apresenta os orbitais e suas configurações geométricas distintas para níveis energéticos e quantidades de elétrons diferentes, com são as configurações dos orbitais **s, p, d** e **f.** A figura 07 b) corresponde ao exemplo elencado pelos autores.

Os autores terminam a apresentação dos modelos atômicos fazendo uma correlação entre a distribuição eletrônica nos orbitais e a organização dos elétrons nos átomos. Observamos também que ao longo do capítulo os modelos atômicos representam uma linha do tempo que conjuga a história científica atômica de todo o século XX.

Condensar conceitos e suas representações em símbolos que expressem o significado de signos é uma forma de direcionar o estudo dos átomos a uma relação direta com a abstração. Os autores exercitam essa proposição no processo de ensino e aprendizagem a partir da correlação entre a contextualização e os signos que representam conceitos abordados na transformação, compreensão e natureza íntima da matéria.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise semiótica dos modelos atômicos presentes na coleção didática Química Cidadã nos permite dizer que há uma constante aproximação entre o conceito de signo, isto é, aquilo que representa algo a alguém, segundo Pierce (2012), e a abordagem contextualizada dos temas em discussão. Elaborar os conceitos químicos amparados por essa perspectiva permite construir significados e representações simbólicas que estejam vinculadas a um entendimento teórico e conceitual capaz de fundamentar a aprendizagem em sala de aula.

O que antecede a apresentação dos modelos atômicos no LD se configura como um exercício abstrato entre os planos de expressão e conteúdo proposto por Hjelmslev (1979), o que fundamenta a função semiótica. Os signos representam todo o aparato teórico necessário aos alunos/alunas para a compreensão do conteúdo químico. Os diagramas, figuras e modelos construídos ao longo dos textos nos capítulos fundamentam a expressão semiótica do conteúdo, assim como favorece o exercício abstrato de conceitos e teorias em evidência na comunidade científica.

Fazer esse diálogo entre os planos de expressão e conteúdo ao logo dos capítulos dinamiza os aspectos representacional, fenomenológico e teórico necessário para uma aprendizagem com significado no que tange os conteúdos de química. Os modelos atômicos apresentados pelo LD se configuraram como uma retomada histórica do desenvolvimento da compreensão dos constituintes da matéria, o que em certos momentos destoaram do exercício semiótico elencados nos capítulos que antecederam a explicação e teorização dos modelos atômicos.

Apesar de considerarmos a abordagem dos modelos atômicos sobrecarregada em um único capítulo, os signos e representações que são apresentados no capítulo 05 – Modelos Atômicos – trabalha muito bem os modelos. Evidencia os modelos a partir da necessidade de compreensão teórica e abstração representativa. Isso está diretamente associada à vertente semiótica de signo e suas significações.

O estudo apresentado permitiu compreendermos que os signos, principalmente aqueles que delimitam uma caricatura do átomo, necessitam de um exercício abstrato que relacione os aspectos representativos, fenomenológicos e teóricos para que o desenvolvimento do conhecimento se estabeleça a partir de uma relação semiótica.

REFERÊNCIAS

CHALMERS, A.F. **O que é ciência, afinal?** 1ª Edição, São Paulo: Editora Brasiliense, 2011

HJELMSLEV, L. **Prolegômenos a uma teoria da linguagem**, São Paulo: Editora Perspectiva, 1975

HMELO-SILVER, C.E. Problem-Based Learning: What and How do Students Learn? **Educational Psychology Review**, vol. 16, n.º 3, september, 2004

HODSON, D. Experimentos na ciência e no ensino de ciência, **Educational Philosophy and Theory**, nº 20, p. 53-66, 1988 (tradução Paulo A. Porto)

MILANI, S.E. O signo para Humboldt, para Saussure e para Bakhtin, **Signo**, Santa Cruz do Sul, v.40, nº 68, p. 55-65, jan./jun., 2015

MORTIMER, E. F., MACHADO, A. H., ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: Fundamentos e pressupostos. **Química Nova,** nº23, vol.2, 2000

PIAGET, J. **Epistemologia Genética**. 3. ed. São Paulo: Editora Martins Fontes, 2007

PIERCE, C. S. **Semiótica**, 4ª edição, São Paulo: Perspectiva, 2012

POZO, J. I. CRESPO, M.A. **A aprendizagem e o ensino de ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico, 5ª Edição, Porto Alegre: Artmed, 2009

SANTOS, W.L P. e MÓL, G. S (Coord.). **Química Cidadã**. Vol.1, 2ª edição, São Paulo: Editora AJS, 2013

SAUSSURE, F. **Curso de linguística geral,** 28ª edição, São Paulo:Cultrix, 2012