

1. OS TRÊS NÍVEIS DO CONHECIMENTO QUÍMICO

As dificuldades vivenciadas por professores e alunos no estudo dos conceitos químicos foram discutidas por Johnstone (2009). Seu trabalho relata que apesar dos avanços na pesquisa em Ensino de Química, muitos problemas identificados na década de 70 ainda então presentes nos dias atuais.

Em 1982, ele foi um dos primeiros autores a propor um modelo buscando explicar os níveis de representação do conhecimento químico em seu artigo “*Macro and micro-chemistry*”, no qual explica que essa Ciência pode ser visualizada em pelo menos três níveis, que seriam: (1) descritivo e funcional, (2) atômico e molecular, e (3) representacional.

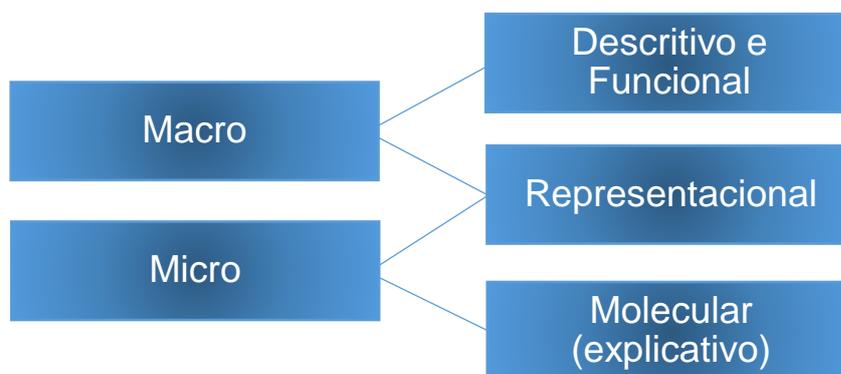
O primeiro deles se refere a parte observável da Química, podendo ser descrita e mensurada a partir de propriedades como: densidade, inflamabilidade, cor, odor, dentre outras. Já o segundo, se refere a como são explicados os fenômenos observados no macroscópico, sendo utilizados diversos conceitos, como os de átomos, íons, moléculas, polímeros e ligações químicas, para fornecer uma imagem mental, um modelo, de modo a se pensar e racionalizar o nível descritivo. E o último nível é a forma com a qual os químicos buscam representar as substâncias e transformações por meio de símbolos e equações, utilizando a linguagem científica (JOHNSTONE, 1982).

Johnstone (1982) explica que os químicos saltam entre esses três níveis livremente, fazendo uma espécie de ginástica mental, tendo facilidade nessa transição. Porém, na sala de aula, os estudantes ao observarem transformações químicas pela primeira vez, operam apenas o nível descritivo/funcional, enquanto o professor em suas explicações utiliza os três níveis. Isso faz com que a maioria dos alunos não consiga acompanhar o seu raciocínio e não compreenda os conceitos apresentados.

Assim, Johnstone (1982) separa esses níveis de representação em dois grupos: a macro e a microquímica (Figura 1). Segundo o autor, para a educação básica que tem como foco a formação para cidadania, a microquímica não seria o aspecto mais importante, e sim a macroquímica pois os alunos ainda operam preferencialmente no âmbito do visível. A microquímica deveria ser utilizada para

discussão dos fenômenos observados (macroquímica), e para isso ele sugere que sejam realizados experimentos que tenham efeito visual e possibilitem que esses fenômenos sejam explicados.

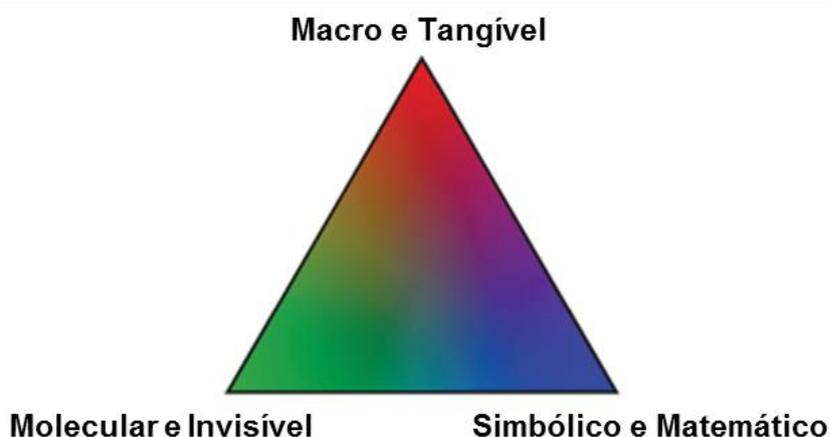
Figura 1 – Macro e Microquímica e seus níveis de representação



Fonte: Johnstone (1982, p.378)

Após perceber incoerências em seu modelo, Johnstone (2009) fez uma reorganização dos três níveis por ele definidos em um triângulo. Além disso, foram feitas algumas modificações em seu modelo, renomeando os três níveis em: (1) macro e tangível, (2) molecular e invisível, (3) simbólico e matemático. Esses seriam os três componentes que representam a Química e não haveria uma hierarquia entre eles (Figura 2).

Figura 2 – Modelo de Johnstone para os níveis de representação do conhecimento químico



Fonte: Adaptado de Johnstone (2009, p. 24)

Johnstone (2009) explica que a abordagem do professor pode se situar em diferentes localizações desse triângulo. Cada um dos vértices representa uma abordagem totalmente voltada para um dos três níveis. Por exemplo, quando o professor somente mostra a efervescência de um comprimido, o conhecimento é totalmente macro e tangível. A partir do momento em que passar a explicar o fenômeno utilizando os modelos científicos, a abordagem se encontrará em algum ponto da aresta entre o macro e tangível e o molecular e invisível. Dependendo da ênfase que é dada para cada um dos níveis, ele estará mais próximo (ou mais distante) de um desses dois vértices.

Como foi dito anteriormente, em suas explicações o professor transita livremente sobre o triângulo, discutindo simultaneamente os três aspectos do conhecimento químico, estando essa abordagem situada dentro do triângulo. Johnstone (2006, 2009) acredita que quando isso ocorre, há uma potencial sobrecarga na memória de trabalho² (*Working Memory Space*) dos estudantes, levando a uma dificuldade na compreensão dos conhecimentos químicos por parte deles. Para evitar essa sobrecarga, é importante que os alunos tenham em sua memória de longo prazo³ as fixações, os conhecimentos prévios necessários, para fazer a ligação com os novos conhecimentos que se deseja ensinar. Por exemplo, quando o professor inicia sua aula do tema sais falando sobre o sulfato de cobre, provavelmente os estudantes não possuem em sua memória de longo prazo informações adequadas que possam ancorar esse novo conhecimento. Sugere-se que ele inicie sua aula utilizando aspectos que estão mais presentes no cotidiano do aluno, falando sobre o sal de cozinha e, a partir dele, novos conceitos sejam discutidos.

Deste modo, para que ocorra uma melhor compreensão da Química é importante que o aluno transite entre os vértices desse triângulo, lidando com os três componentes do conhecimento químico. E, para Johnstone (2006), uma alternativa

² Johnstone (2009) acredita que o pensamento consciente tem um espaço limitado. Esse espaço de trabalho é utilizado para duas funções: armazenar informações temporárias e processá-las. Quando há um recebimento de muitas informações, resta pouco espaço para processá-las. O mesmo vale para quando é necessário muito processamento, não sendo possível assimilar muitas informações. Quando isso ocorre, há uma sobrecarga na memória de trabalho e o aprendizado fica comprometido.

³ A memória de longo prazo é a área da memória que recebe as informações da memória de trabalho, possuindo a capacidade de armazená-las por tempo indeterminado em um espaço ilimitado. Johnstone (2009) explica que quando os estudantes possuem na memória de longo prazo as fixações da informação que está sendo recebida torna-se mais fácil dela também ser armazenada nessa área, e quando não há essas fixações o estudante acaba memorizando os conceitos.

seria trabalhar um vértice do triângulo por vez, seguido pelo uso do lado (aresta) e caminhar para os outros vértices, para depois levar o aluno ao centro do triângulo. Por exemplo, ao invés do professor iniciar a aula escrevendo no quadro “ligações de hidrogênio” nos moldes tradicionais de ensino, ele entra e indaga aos estudantes o porquê de alguns insetos poderem caminhar sobre a água, fenômeno que provavelmente eles já observaram em seu cotidiano (macro e tangível), em seguida o professor faz uma demonstração pegando um copo d’água e colocando um clipe de papel para flutuar na superfície dela (continuando no vértice do triângulo macro e tangível), e após discutirem o observado, ele vai explicando o fenômeno em questão introduzindo o conceito de tensão superficial (caminhando pelo lado do triângulo entre o macro e tangível e o molecular e invisível), e a partir desse conceito ir falando sobre as interações entre as moléculas de água que explicam a formação dessa tensão e, só depois, falar sobre ligação de hidrogênio (molecular e invisível). Após essa explicação, ele faz a representação da molécula de água e das interações entre as moléculas que explicam a tensão superficial da água (simbólico e matemático).

Para que isso ocorra, faz-se necessária uma reorganização dos conteúdos que são discutidos nas aulas para que haja a utilização de uma abordagem a partir do que é familiar, dos interesses dos alunos, pois nesses casos os estudantes já têm conhecimentos armazenados na memória de longo prazo, e a partir deles pode-se introduzir o novo. Para isso, alguns assuntos deveriam ser excluídos dos currículos, outros adiantados ou adiados. Os conceitos deveriam ser discutidos a partir do macroscópico (macro e tangível) e gradualmente serem enriquecidos com aspectos submicroscópicos (molecular e invisível) e representacionais (simbólico e matemático) (JOHNSTONE, 2009).

Mortimer, Machado e Romanelli (2000) também defendem um currículo no qual haja um diálogo entre o discurso científico e o cotidiano. Para os autores, o ensino de Química tradicional pouco se preocupa com as questões do dia-a-dia, tratando essa Ciência somente do ponto de vista formal. Para torná-la mais interessante, é importante que o discurso científico faça sentido para o estudante e isso é possível ao dialogar a partir de ideias informais, de contextos de natureza social e tecnológica, que tornem esses conceitos mais significativos.

Eles explicam que nos currículos tradicionais há uma ênfase exagerada nos aspectos conceituais da Química em detrimento das possíveis aplicações dos conceitos no cotidiano, como por exemplo no estudo de química orgânica, no qual os

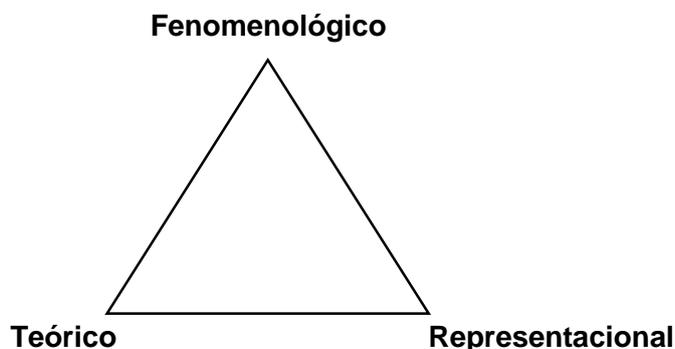
estudantes memorizam etapas para nomear representações de moléculas orgânicas, decoram estruturas dessas moléculas e só depois é falado sobre exemplos de substâncias orgânicas e suas propriedades. Nesses casos, os conceitos apresentados só são aplicados depois de serem discutidas uma cadeia de pré-requisitos. Para eles, “o pressuposto de que se deva, no ensino, esgotar um conceito para poder aplicá-lo pode ser questionado, pois é justamente nas aplicações do conceito que se explicitarão as relações a serem estabelecidas entre os conceitos” (MORTIMER, MACHADO, ROMANELLI, 2000, p. 275). No exemplo anterior, isso significa que a partir de materiais que tenham em sua constituição substâncias classificadas como orgânicas e do conhecimento de algumas de suas propriedades, o professor poderia discutir como a Ciência explica essas propriedades e fenômenos nas quais essas substâncias estão envolvidas, inter-relacionando os conceitos discutidos.

Sobre os conceitos ensinados em Química, Mortimer, Machado e Romanelli (2000), baseado em Johnstone (1982), também distinguem três aspectos desse conhecimento: (1) fenomenológico, (2) teórico e (3) representacional. O fenomenológico se refere aos aspectos visíveis e concretos, como a efervescência de um comprimido, a combustão de uma vela, além de outros que podem ser percebidos indiretamente, como por exemplo a produção de pães e bolos em uma confeitaria. Nesse aspecto também podemos incluir a observação de reações químicas por meio de imagens técnicas⁴, obtidas com equipamentos eletrônicos, e que tem substituído diversas experiências empíricas (TERCI *et al.*, 2012). É o caso da espectroscopia, que permite a identificação indireta das substâncias formadas em uma reação a partir de imagens geradas por um equipamento, sem a necessidade de isolá-las, por exemplo. O aspecto teórico abrange as explicações de natureza atômico-molecular, essencialmente abstratas e baseadas em modelos. Se refere a como a Ciência explica determinado fenômeno, utilizando conceitos de átomos, moléculas, íons, dentre outros. O nível representacional abarca as representações por meio da linguagem científica, utilizando-se de equações, fórmulas, gráficos e símbolos.

⁴ Flusser (1985) *apud* Terzi (2012) relata que atualmente estamos vivendo a terceira revolução ferramental, chamada de revolução telemática, sendo resultado do advento de equipamentos eletrônicos. Com estes equipamentos obtemos imagens que são, na verdade, produtos de teorias e textos científicos, bastante observadas na Ciência e, conseqüentemente, na sociedade.

Baseando-se nos estudos de Johstone (1982), Mortimer, Machado e Romanelli (2000) também organizaram os aspectos do conhecimento químico em um triângulo, destacando suas inter-relações (Figura 3).

Figura 3 – Aspectos do Conhecimento Químico



Fonte: Mortimer (2000, p. 277)⁵

Segundo Mortimer, Machado e Romanelli (2000), um dos problemas do ensino de Química é a ênfase no aspecto representacional em detrimento dos outros, não sendo dado destaque aos fenômenos presentes no ambiente e fazendo com que os estudantes acreditem que os símbolos e fórmulas apresentados nas aulas são “reais”, e não modelos de representação da matéria. É necessário trabalhar os três aspectos do conhecimento químico, relacionando teoria e experimento e, conseqüentemente, pensamento e realidade.

Gilbert e Treagust (2009) explicam que uma das dificuldades para a utilização dos três níveis de representação do conhecimento químico é a ampla variedade de nomes dados a cada um deles. No trabalho deles são apresentadas pelo menos 10 nomenclaturas diferentes para os níveis de representação, dentre eles: para o primeiro nível – nível macroscópico, mundo macroscópico, nível macro; para o segundo – nível microscópico, nível submicroscópico, nível submicro; e para o terceiro – nível simbólico e representacional; quadro que mostra uma falta de consenso entre os pesquisadores de qual terminologia seria a mais adequada. Para evitar possíveis ambigüidades, esses autores optaram por não utilizar o termo micro ou microscópico por possibilitarem que os estudantes entendam ser possível visualizar através de equipamentos (microscópico óptico) e também por uma terminologia mais breve, a dizer: macro, submicro e simbólico.

⁵ Retirado de Minas Gerais, SEEMG, 1998, citado por Mortimer, Machado e Romanelli (2000)

Sendo assim, acreditamos que um dos problemas do ensino de Química é a dificuldade que os professores sentem em auxiliar os estudantes a transitarem entre os níveis apresentados por Johnstone (1982, 2006, 2009), Mortimer, Machado e Romanelli (2000), Gilbert e Treagust (2009) e tantos outros. Estes, apesar das diferentes denominações, são bastante semelhantes em sua essência. Em nosso trabalho, chamaremos os três níveis do conhecimento químico utilizando termos que estamos mais habituados agregando a ideia de Gilbert e Treagust (2009) para a utilização do prefixo -sub em conjunto com o termo microscópico, sendo chamados neste trabalho de aspectos macroscópicos, submicroscópicos e expressões representacionais.

Cabe ressaltar que não basta que futuros professores aprendam na formação inicial cada um desses três níveis e a importância de se transitar neles em disciplinas da área pedagógica, pois esses

(...) conhecimentos pedagógicos dissociados dos conteúdos químicos que os futuros professores terão que ministrar tem pouca ou reduzida contribuição para sua formação docente, uma vez que os professores tendem a não utilizar os métodos de ensino que lhes foram ensinados no decorrer de sua formação (SCHNETZLER, 2010, p. 158).

É importante que eles tenham acesso ao **como fazer**, conhecendo estratégias nas quais essas ideias são implementadas e possam adaptá-las ao contexto escolar que futuramente serão inseridos. Além de refletir sobre os problemas no ensino-aprendizagem de Química, devem ser mostradas alternativas didáticas, estratégias adotadas por docentes que se diferem do modo tradicional e que apresentam resultados positivos na educação básica.

Percebendo a importância dos três níveis do conhecimento químico, cabe refletir como o professor deve auxiliar na transição de um nível para o outro. O nível macroscópico ao ser observado pelos estudantes, possibilita diferentes interpretações que estão permeadas de impressões e significados, trazidos de suas vivências. Já no submicroscópico, que se resume a como a Química explica os fenômenos, utilizam conceitos mais abstratos e distantes da realidade, cabendo ao professor por meio do diálogo possibilitar que esses significados se ampliem. Assim, é necessário compreender como esses conceitos são formados e qual o papel do professor e da educação formal neste processo, o que passaremos a abordar no próximo capítulo.