



# A química nos modos macroscópico, microscópico e simbólico: Uma revisão sobre as contribuições para pesquisas em ensino de química

Valéria Campos dos Santos<sup>1</sup> (PG)\*, Agnaldo Arroio<sup>1</sup> (PQ)

<sup>1</sup>Faculdade de Educação- Universidade de São Paulo: Av. da Universidade 308, 05508-040, São Paulo, SP, Brasil.

Palavras Chave: Ensino de química, modos de representação.

**Resumo:** O conhecimento da química é composto por componentes macroscópicos, microscópicos e simbólicos e a integração desses representa um processo importante e necessário para o bom entendimento da química. O propósito deste trabalho é prover uma revisão de literatura em torno destes componentes do conhecimento químico, denominado de modos de representação do conhecimento químico. Neste trabalho são mostrados alguns resultados de trabalhos teóricos e empíricos sobre os modos de representação em química dentro dos campos de ensino de ciências e formação de professores. Deste modo, o trabalho traz um sumário do que é conhecido e estudado neste campo de estudos e provê uma perspectiva sobre as áreas de pesquisa que ainda necessitam serem mais exploradas.

## INTRODUÇÃO

A química é considerada por muitos estudantes como uma ciência complicada e difícil de compreender. Em geral, esta dificuldade encontrada por estudantes em entender os fenômenos químicos e construir modelos mentais sobre esses fenômenos recai sobre o fato de a formação da maioria dos conceitos e explicações de fenômenos químicos estarem relacionados ao mundo microscópico, que é invisível aos estudantes. Assim o entendimento conceitual da química inclui a habilidade de entender a química que ocorre microscopicamente, que é conectada com o mundo fenomenológico e comunicada pelo uso de símbolos.

Devido à complexa natureza da química, Johnstone (1991; 1993; 2000) propôs um modelo de pensamento em química que consiste de três modos, denominados “modos de representação”: macroscópico, sub-microscópico e simbólico.

De acordo com Johnstone (1991) o modo macroscópico é real e concreto, correspondendo aos fenômenos químicos observáveis, que podem ou não ser parte das experiências diárias dos estudantes, mas que podem ser observados, dentre diversas formas, por meio de experimentos. O modo sub-microscópico também é real, mas abstrato, compreendendo as formas particuladas da matéria que podem ser usadas para descrever o que é observado macroscopicamente, como exemplo podemos citar o movimento de elétrons, moléculas, partículas e átomos. O modo simbólico é usado para representar fenômenos sub-microscópicos

e macroscópicos pelo uso de equações químicas, equações matemáticas, gráficos, mecanismos de reação, analogias e modelos.

De acordo com Johnstone (2000), a integração desses modos representa um processo importante e necessário para o bom entendimento da química. No entanto, embora a habilidade de transitar entre os modos de representação seja considerada uma ferramenta essencial na apreciação completa dos fenômenos naturais, a aquisição desta habilidade ainda é um grande desafio para o ensino de química. Estudantes frequentemente experimentam dificuldades em conectar os diferentes modos de representação, tornando essa tripla forma de representar a química o principal obstáculo para a sua aprendizagem (JOHNSTONE, 1991; TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2003).

Neste trabalho realizou-se uma revisão de literatura, objetivando-se mostrar as contribuições de trabalhos teóricos e empíricos sobre os modos de representação do conhecimento químico para as pesquisas em ensino de ciências.

## METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão de literatura com o objetivo de identificar pesquisas e conhecimentos que vem sendo estabelecidos em relação aos modos de representação propostos por Johnstone (1991) no ensino de química. Para isso, foram identificados artigos publicados em periódicos internacionais

que relatavam o tema modos de representação no contexto do ensino de química e da formação de professores. O processo de revisão dos artigos foi realizado de acordo com Taylor (2010), com uma análise qualitativa do título, resumo, objetivos e resultados principais, identificando temas afins, áreas de controvérsia e a necessidade de futuras pesquisas nesta área de estudo. Neste trabalho são citados alguns dos artigos identificados durante a revisão de literatura.

## RESULTADOS

A partir das análises dos artigos relacionados às pesquisas constituídas dentro da área de estudo dos modos de representação do conhecimento da química foi observado que os artigos publicados

nesta área podem ser classificados em cinco principais categorias, como demonstrado no Quadro 1.

Dentre as categorias, foi observada uma maior preocupação dos autores ao realizarem pesquisa neste tópico está relacionada às habilidades e dificuldades de estudantes, tanto do ensino básico como do ensino superior, em entender a química nos três modos de representação. Por outro lado, têm-se poucos trabalhos teóricos relacionados ao tema, além de uma lacuna em trabalhos que enfatizam a formação de professores para o ensino em todos os modos de representação. Em meio aos diversos artigos que apresentam pesquisas relacionadas aos modos de representação, discutiremos as propostas gerais dos artigos em cada categoria citada no Quadro 1.

Quadro 1. Categorias dos estudos referentes aos modos de representação e artigos relacionados a cada categoria.

Trabalhos teóricos	Johnstone (1993, 2000) Wu e Shah (2004)
Habilidades e dificuldade dos estudantes em transitar entre os modos de representação	Cook, Wiebe e Carter (2008) Ferk et al. (2003) Hinton e Nakhleh (1999) Jaber e BouJaoude (2011) Jansoon, Coll e Somsook (2009) Rappoport e Ashkenazi (2008)
Influência de diferentes instruções na aprendizagem dos estudantes	Ardac e Akaygun (2005) Barnea e Dori (2000) Treagust, Chittleborough e Mamiala (2003) Wu (2003)
Uso de ferramentas multimídia no ensino de conteúdos de química em todos os modos de representação	Ardac e Akaygun (2004) Barnea e Dori (1999) Wu, Krajcik e Soloway (2001) Russell et al. (1997)
Formação de professores	Barnea e Dori (2000)

- **Trabalhos teóricos**

Dentre os trabalhos teóricos, os trabalhos de Johnstone (1993, 2000) mostram uma parte do trabalho deste pesquisador e como este tem crescido ao longo dos anos. Nestes trabalhos o autor foca nos problemas e dificuldades relacionados ao ensino e aprendizagem de química. O conhecido “triângulo de Johnstone” surgiu em trabalhos anteriores do autor e é discutido nos trabalhos aqui referidos, sendo também um ponto de partida para muitos estudos sobre os modos de representação no ensino de química.

- **Habilidades e dificuldade dos estudantes em transitar entre os modos de representação**

A partir dos trabalhos que enfocam as habilidades e dificuldade dos estudantes em transitar entre os modos de representação, pode-se notar que estudantes geralmente apresentam conexões ina-

propriadas entre os modos, atribuem propriedades de um modo de representação a outro modo, ou simplesmente conseguem trabalhar os conteúdos da química em apenas um modo de representação. Rappoport e Ashkenazi (2008) observaram que grande parte dos estudantes não formam conexões significativas entre esses modos e usam somente representações macroscópicas e, preferencialmente, simbólicas para resolverem os problemas, tentando deduzir as propriedades do modo sub-microscópico pelo simbólico.

Jaber e BouJaoude (2011) reportaram que sem instrução apropriada, estudantes geralmente falham em produzir associações significativas entre os modos de representação, usam somente macroscópico ou simbólico e confundem o microscópico com os outros modos em termos de construções e linguagem. Assim, segundo os autores, um ensino de química focado na transição entre os três modos

de representação pode aumentar o entendimento conceitual dos estudantes em relação às reações químicas, tal ensino deve se tornar um hábito na atuação do professor levando-o a refletir sobre o planejamento de atividades e nas interações em sala de aula.

- Influência de diferentes instruções na aprendizagem dos estudantes

Alguns estudos exploram a influência de diferentes instruções na aprendizagem de química em todos os modos de representação. Estratégias podem ser usadas por professores a fim de integrar seu ensino com metodologias que provêm condições favoráveis para que os estudantes desenvolvam conceitos químicos relacionando os três modos de representação. Deste modo, as instruções do professor podem ser realizadas com o auxílio de ferramentas visuais dinâmicas, a partir do uso de computadores (ARDAC; AKAYGUN, 2005); podem prover oportunidades para os estudantes produzirem modelos mentais usando modelagem molecular (BARNEA; DORI, 2000); empregar a noção de intertextualidade para conceituar as representações químicas conectando-as às experiências da vida real (Wu, 2003); ou mesmo, produzir significado pelo uso de representações em todos os modos (TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2003).

- Uso de ferramentas multimídia no ensino de conteúdos de química em todos os modos de representação

Os artigos alocados nesta seção mostram a eficiência de ferramentas multimídia em benefício da aprendizagem de química, usando os três modos de representação. O uso de programas computacionais, figuras dinâmicas, animações e simulações tem provado ser útil no aumento de habilidades espaciais. Uma vantagem em usar ferramentas multimídia no ensino e aprendizagem de química é o múltiplo sistema de símbolos e representações que elas apresentam e que podem levar a um entendimento completo dos conteúdos. Estudos mostram que o uso combinado de texto e figuras animadas torna a informação mais fácil de ser memorizada (ARDAC; AKAYGUN, 2004). Outros estudos mostram que ferramentas multimídia podem auxiliar no ensino e aprendizagem de química por desenvolver habilidades espaciais e percepção de modelos (BARNEA; DORI, 1999).

- Formação de professores

Apesar da ênfase demonstrada por diversos trabalhos no uso de ferramentas visuais e outras metodologias que auxiliam o aluno no entendimento dos conteúdos de química em todos os modos de

representação, o papel do professor ainda é fundamental neste processo de aprendizagem. No entanto, ainda é possível notar uma lacuna em estudos científicos relacionados à formação do professor para desenvolver esse papel. Barnea e Dori (2000) revelaram que a formação de professores para o trabalho com representações é importante ao passo que auxiliam na capacidade de perceber e trabalhar com modelos e, conseqüentemente, influencia na aprendizagem dos alunos, podendo leva-los a entenderem os modelos em todos os modos de representação.

## CONCLUSÕES

Os resultados mostram que pesquisas em relação aos modos de representação do conhecimento em química têm crescido, principalmente em relação às dificuldades dos estudantes e metodologias que os auxiliem a entender os conteúdos de química em todos os modos de representação. Os artigos apresentados neste trabalho mostram que os estudantes apresentam dificuldades em operar em todos os modos de representação e que, sem instrução adequada, estudantes falham em transitar entre esses modos. No entanto, apesar da importância do papel do professor em conduzir o ensino permitindo aos alunos realizarem esta transição, ainda existe uma grande lacuna em trabalhos que focam na formação e no papel do professor para o ensino em todos os modos de representação. Assim, enfatiza-se a necessidade de trabalhos que mostrem o papel do professor neste processo.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES pela bolsa concedida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARDAC, D.; AKAYGUN, S. Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 41, n. 4, 317-337, 2004.
- ARDAC, D.; AKAYGUN, S. Using static and dynamic visuals to represent chemical changes at molecular level. *International Journal of Science Education*, v. 11, n. 27, 1269-1298, 2005.
- BARNEA, N.; DORI, Y, J. Computerized molecular modeling: The new technology for enhancing model perception among chemistry educators and learners. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, v. 1, n. 1, 109-120, 2000.