



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
Centro Acadêmico do Agreste
Núcleo de Formação Docente
Curso de Química - Licenciatura



NOEL FÉLIX MELO

**VISUALIZAÇÕES NO ENSINO DE QUÍMICA E SUA POTENCIAL
CONTRIBUIÇÃO AO LETRAMENTO CIENTÍFICO: O QUE A LITERATURA TEM
EVIDENCIADO NO PERÍODO DE 2010 A 2016**

CARUARU

2017

NOEL FÉLIX MELO

**VISUALIZAÇÕES NO ENSINO DE QUÍMICA E SUA POTENCIAL
CONTRIBUIÇÃO AO LETRAMENTO CIENTÍFICO: O QUE A LITERATURA TEM
EVIDENCIADO NO PERÍODO DE 2010 A 2016**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado de Licenciatura em Química do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. José Ayron Lira dos Anjos

CARUARU

2017

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Paula Silva CRB/4 – 1223

M528v Melo, Noel Félix.
 Visualizações no ensino de química e sua potencial contribuição ao letramento científico: o que a literatura tem evidenciado no período de 2010 a 2016. / Noel Félix melo. - 2017.
 91f.: il.; 30 cm.

 Orientador: José Ayrton Lira dos Anjos.
 Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Licenciatura em Química, 2017.
 Inclui Referências.

 1. Bibliografia. 2. Levantamentos educacionais. 3. Química – Bibliografia. 4. Letramento. 5. Estratégias de aprendizagem. I. Anjos, José Ayrton Lira dos (Orientador).
 II. Título.

371.12 CDD (23. ed.)

UFPE (CAA 2017-153)

NOEL FÉLIX MELO

“Visualizações no ensino de química e sua potencial contribuição ao letramento científico: o que a literatura tem evidenciado no período de 2010 a 2016”

Monografia submetida ao Corpo Docente do Curso de Química – Licenciatura do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco e **aprovada** em 28 de julho de 2017.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Ayron Lira dos Anjos (CAA – UFPE)
(Orientador)

Profa. Dra. Flávia Cristina Gomes Catunda de Vasconcelos (CAA– UFPE)
(Examinador 1)

Prof. Dr. Ricardo Lima Guimarães (CAA – UFPE)
(Examinador 2)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus familiares e professores que sempre estiveram presentes, apoiando minhas decisões, aconselhando e auxiliando nos obstáculos que surgiram no decorrer desta empreitada. Sem eles, não seria capaz de chegar aonde cheguei.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força e coragem para superar as dificuldades.

Aos meus pais e aos meus irmãos que estão sempre me apoiando, nos momentos que mais preciso, pelo amor e exemplo de vida que eles representam para mim.

A minha esposa pela dedicação, compreensão, paciência e carinho durante a realização deste trabalho.

A todos os professores do Curso de Licenciatura em Química pelos valiosos ensinamentos.

Ao professor Ayron, meu orientador, meu agradecimento especial, pela disponibilidade, interesse e por ter me desafiado a ir além, acreditando nas minhas possibilidades.

A professora Jane Laranjeira por compartilhar conhecimentos, saberes e por ser um exemplo de educadora.

A professora Ana Paula pelas contribuições ao qualificar meu trabalho e pelo incentivo e serenidade durante as aulas da disciplina de TCC.

Aos meus amigos Tatiano, André e Bruno, pela colaboração constante, incentivo e amizade, sempre presentes em muitos momentos.

A assistente social do Campos CAA Patrícia, pela compreensão, orientações e momentos de aprendizagem enriquecidos por afetividade.

A psicóloga Dias, por dividirmos os meus medos, angústias, desânimo, mas também compartilhamos momentos de alegrias e conquistas.

Agradecer implica em reconhecer e honrar as pessoas que diretamente ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

A todos o meu muito obrigado!

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

(Arthur Schopenhauer).

RESUMO

Neste estudo buscou-se investigar na literatura da pesquisa educacional em química como se dá a utilização de recursos didáticos visuais no ensino da química, e como as estratégias de ensino que utilizam estes recursos têm contribuído para uma potencial promoção do letramento científico de estudantes da educação básica. Para isso realizou-se um levantamento bibliográfico, em três periódicos de grande relevância no cenário nacional da pesquisa educacional em química, quanto aos tipos de recursos visuais mais utilizados no ensino da química, quanto ao tipo de conceitos químicos em que são empregados, quanto à metodologia de ensino na qual esses recursos são inseridos. Num total, foram analisados 67 artigos e utilizou-se como critério para avaliar uma potencial promoção do letramento científico conceitos mínimos para a educação científica apontados na literatura, a saber: Atitude científica, Trabalho em grupo, Domínio conceitual e A ciência e a tecnologia como fenômeno social. Os resultados deste estudo evidenciam que os experimentos são os recursos visuais mais utilizados no ensino da química, embora estes sejam utilizados de forma simplista apenas como demonstração. Por fim, constatou-se que apenas 5 artigos contemplam esses conceitos mínimos para o letramento científico, constituindo-se em boas estratégias de ensino para a educação científica, e que há uma tendência crescente em se favorecer o domínio conceitual em detrimento dos demais conceitos mínimos elencados acima.

Palavras-chave: Levantamento bibliográfico. Recursos visuais. Letramento científico.

ABSTRACT

This study aimed to investigate in the literature of educational research in chemistry how the use of visual didactic resources in the teaching of chemistry is given, and how the teaching strategies that use these resources have contributed to a potential promotion of the scientific literacy of students of education Basic. For this, a bibliographical survey was carried out in three periodicals of great relevance in the national scenario of educational research in chemistry, as to the types of visual resources most used in the teaching of chemistry, as to the type of chemical concepts in which they are used, Methodology in which these resources are inserted. A total of 67 articles were analyzed and the minimum criteria for scientific education were identified as criteria for evaluating a potential promotion of scientific literacy, as follows: Scientific attitude, Group work, Conceptual domain and Science and technology as Social phenomenon. The results of this study show that the experiments are the most used visual resources in the teaching of chemistry, although these are used in a simplistic way only as a demonstration. Finally, it was verified that only 5 articles contemplate these minimum concepts for scientific literacy, constituting good teaching strategies for scientific education, and that there is an increasing tendency to favor the conceptual domain to the detriment of the other minimal concepts Listed above.

Keywords: Bibliographical survey. Visual resources. Scientific advice.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Distribuição por ano dos artigos selecionados para análise.....	62
Gráfico 2	Variação dos conceitos químicos abordados em função do tempo.....	65
Gráfico 3	Variação dos conceitos químicos abordados em tipo de recurso didático	69
Gráfico 4	Variação das metodologias educacionais utilizadas em função do tempo	72
Gráfico 5	Variação das metodologias de pesquisa em função do tempo.....	75
Gráfico 6	Variação dos conceitos mínimos de letramento científico.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Grupos e níveis Representação do conhecimento químico.....	30
Figura 2	Modelo de Johnstone para os níveis de representação do conhecimento químico.....	31
Figura 3	Aspectos do conhecimento químico definidos por Mortimer.....	34
Figura 4	Relações entre tipos representações no ensino de ciências.....	35
Figura 5	Esquema de perfil conceitual.....	35
Figura 6	Ensino Químico Tetraédrico: Uma nova ênfase no elemento humano.....	38
Figura 7	Nova configuração para o triângulo de Johnstone em termo de níveis de complexidade.....	40
Figura 8	Adaptação ao triângulo de Johnstone proposta Kermen e Méheut (2009).....	41
Figura 9	Escalas do conhecimento químico. A imagem representa um espaço multi-dimensional definido pelos diferentes níveis de dimensões e abordagens nos três tipos de conhecimento (experiências, modelos e visualização) que podem ser conceitualizados.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Artigos por periódico e ano	58
Tabela 2	Artigos selecionados por ano.	59
Tabela 3	Classificação dos artigos selecionados por tipo de artigo	60
Tabela 4	Artigos selecionados na categoria Metodologia de Ensino.	61
Tabela 5	Artigos selecionados na categoria Recurso Didático.	61
Tabela 6	Classificação quanto aos conceitos químicos abordados.	64
Tabela 7	Classificação quanto ao tipo de recurso utilizado.	67
Tabela 8	Classificação quanto ao tipo de metodologia educacional utilizada	71
Tabela 9	Classificação quanto ao tipo de metodologia de pesquisa utilizada	74
Tabela 10	Classificação se atende aos conceitos básicos de letramento científico	77
Tabela 11	Variação dos conceitos mínimos de letramento científico.	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Art.1 – Artigo 1

Art.2 – Artigo 2

Art.3 – Artigo 3

Art.4 – Artigo 4

Art.5 – Artigo 5

Art.6 – Artigo 6

CTSA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PCNs – Parâmetros Curriculares Nacionais

PISA – Programa Internacional de Avaliação de Alunos

TIC – Tecnologias da Informação e Comunicação

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo Geral	18
2.2	Objetivos Específicos	18
3	REVISÃO DA LITERATURA	19
3.1	Concepções de Aprendizagem	19
3.1.1	<i>Concepção de Aprendizagem Segundo a Epistemologia Empirista</i>	20
3.1.2	<i>Concepção de Aprendizagens Segundo a Epistemologia Inatista</i>	21
3.1.3	<i>Concepção de Aprendizagens Segundo a Epistemologia Construtivista</i>	22
3.2	Letramento Científico	23
3.3	A natureza do Conhecimento Químico	27
3.3.1	<i>Johnstone</i>	29
3.3.2	<i>Mortimer e colaboradores</i>	33
3.3.3	<i>Treagust e colaboradores</i>	36
3.3.4	<i>Mahaffy</i>	37
3.3.5	<i>Rappoport e Ashkenazi</i>	39
3.3.6	<i>Kermen e Méheut</i>	40
3.3.7	<i>Talanquer</i>	42
3.4	A Utilização de Recursos Didáticos Visuais no Ensino de Química	44
4	METODOLOGIA	53
4.1	Caracterização do estudo	53
4.2	Seleção de artigos para o estudo	53
4.3	Classificação e análise dos artigos selecionados	54
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
5.1	Seleção dos artigos	57
5.2	Análise dos artigos considerados aptos aos objetivos do estudo	63
5.2.1	<i>Conceitos Químicos</i>	63
5.2.2	<i>Recursos Visuais Utilizados</i>	66
5.2.3	<i>Metodologias Educacionais Utilizadas</i>	70
5.2.4	<i>As metodologias de Pesquisa Utilizadas</i>	73
5.3	Conceitos mínimos de Letramento Científico nos artigos analisados	76
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
	REFERÊNCIAS	82
	ANEXO A – Relação dos artigos analisadas	89

1 INTRODUÇÃO

Avaliações internacionais (PISA¹, 2006 e 2015) trouxeram à tona o quanto a educação em muitos países ainda é deficiente, tanto no sentido de articulação do conhecimento, quanto na própria apreciação da ciência. Com relação ao Brasil, isso pode ser ilustrado pelos resultados dos estudantes brasileiro na edição do PISA de 2006, em relação a proficiência em ciências, que mostram que 29% dos estudantes brasileiros estão abaixo do nível 1, ou seja, não conseguem nem minimamente usar conhecimentos do tipo científico em situações familiares, e que outros 34,4% estão no nível 1. É provável que uma boa parte destes estudantes que estão nos níveis mais baixos sejam também analfabetos funcionais, que não conseguem sequer entender o enunciado das questões da prova. Nos dois níveis mais altos, onde a Finlândia tem 20% dos estudantes, e a Coreia do Sul 9.5%, o Brasil apresenta somente 0,4% dos estudantes. A situação nas escolas públicas brasileiras é particularmente dramática: 35% dos estudantes estão abaixo do nível 1, e 36% no nível 1; nas escolas privadas, as proporções são significativamente melhor, sendo respectivamente 3,4% e 16%. Em relação aos níveis mais altos, somente 1% dos estudantes do setor privado estão no nível 5, e um por mil no nível 6. No setor público não há ninguém no nível 6, e 1 por mil no nível 5.

Talvez mais preocupante do que estes dados seja o fato de que após nove anos (PISA, 2015) estes resultados praticamente não se alteraram. Mesmo que esse tipo de avaliação não seja o parâmetro mais adequado para avaliara o nível educacional de estudantes, seus resultados sugerem que as escolas brasileiras, em grande maioria, não estão conseguindo favorecer o desenvolvimento, das atitudes e competências mínimas que articulem o saber escolar-científico para o contexto do uso cotidiano, e tampouco estão conseguindo formar uma pequena fração que tenha condições de posteriormente se profissionalizar como técnicos, cientistas e pesquisadores plenos.

¹PISA - Programa Internacional de Avaliação de Alunos – é uma avaliação internacional trienal realizada pela OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico) nos 30 países membros da entidade e em mais 34 países filiados, dentre os quais está o Brasil. O exame mede o nível educacional de jovens de 15 anos por meio de provas de Leitura, Matemática e Ciências, e a cada edição uma dessas áreas é o foco principal da avaliação. Nas edições de 2006, 2009 e 2012, os focos foram, respectivamente, ciências, leitura e matemática. Esse ciclo se repete, assim, em 2015, o foco volta a ser ciências. O objetivo principal do Pisa é produzir indicadores que contribuam, dentro e fora dos países participantes, para a discussão da qualidade da educação básica e que possam subsidiar políticas nacionais de melhoria da educação.

Nos últimos anos, embora existam no Brasil iniciativas que buscam educar cientificamente os estudantes, por meio de estratégias dinâmicas, práticas e contextuais, essas iniciativas são poucas e não contemplam um número razoável de alunos. Essa preocupação em qualificar a educação científica no país até existe, mas não é efetivada na prática.

O problema é que, enquanto a legislação educacional (BRASIL, 2002, 2006 e 2013) procura avançar em termos de concepções curriculares e organização do ensino, e a academia, em termos de novas ferramentas, métodos e processos de ensino capazes de superar as dificuldades do presente, a prática em sala de aula segue o mesmo formato tradicional, prezando pelo ensino fragmentado, memorístico e reprodutor de conceitos e técnicas, sem se preocupar com inserção destes em questões ambientais, culturais, econômicas, sociais e tecnológicas, e sem favorecer aos estudantes desenvolver suas próprias compreensões científicas a cerca dos fenômenos e problemas os cercam.

Neste sentido nas ultimas décadas diversos autores (KRASILCHIK; MARANDINO, 2004; SANTOS; SCHNETZLER, 1997; AULER; DELIZOICOV, 2001; CHASSOT, 2000; FOUREZ, 1994, 2005; SANTOS, 2007) têm enfatizado a necessidade de utilização de práticas docentes focadas na educação científica voltada para a cidadania, ou seja, voltadas a formar pessoas capazes de compreender e intervir na natureza, na sociedade e no desenvolvimento científico, tecnológico e econômico. A esse viés social da educação científica, Santos (2007) denomina como letramento científico, o qual Fourez (2005, p. 51), faz muito bem uma descrição:

[...] as pessoas poderiam ser consideradas científica e tecnologicamente letradas quando seus conhecimentos e habilidades dão a elas um certo grau de autonomia (a habilidade de ajustar suas decisões às restrições naturais ou sociais), uma certa habilidade de se comunicar (selecionar um modo de expressão apropriado) e um certo grau de controle e responsabilidade em negociar com problemas específicos (técnico, mas também emocional, social, ético e cultural). Fourez (2005, p. 51)

Nesta perspectiva, muitas metodologias, métodos e técnicas de ensino têm sido propostas na literatura, como forma de favorecer o letramento científico.

Mas, por que é preciso falar em letramento científico no ensino de química?

Diante do exposto acima, a resposta a essa pergunta nos parece óbvia, mas ainda é necessário se refletir a respeito. Uma possível resposta a essa questão está implícita nos

próprios resultados do PISA de 2006 e 2015. Dentre as três áreas avaliadas, Leitura, Matemática e Ciências, a nossa foi a que os estudantes apresentaram o pior desempenho. Outras tantas respostas podem ser encontradas ao se analisar o cenário no qual se desenvolve as atividades de ensino e aprendizagem da química no país.

A química é um dos ramos da ciência que nos permite entender o que acontece ao nosso redor. No entanto, trabalhos (CHASSOT, 1990 e 2014; ARAÚJO, SILVA e TUNES, 1995; LOPES e DEL PINTO, 1997; MORTIMER, MACHADO, ROMANELLI, 2000; SANTOS, 2006; SCHNETZLER, 2010; GOMES, 2012) têm identificado pouco apreço por essa ciência entre estudantes da educação básica, destacando que a química ministrada em muitas escolas por vezes é visto como algo enfadonho, puramente mecânico, pouco contextualizada e distante da realidade. Eles também apontam ser comum ouvir questionamentos sobre o porquê de estudá-la, visto que para muitos deles este conhecimento não será necessário em seu cotidiano nem em suas futuras profissões.

Segundo Chassot (1990), alguns professores também não sabem responder a esta questão, pois nunca pensaram a respeito, ou respondem de forma simplista. Estas constatações são apenas reflexos da situação em que se encontra o processo de ensino-aprendizagem de ciências no Brasil, demonstrando claramente ausência de letramento científico-tecnológico e a fragilizada no modelo educacional vigente no país (LOPES e DEL PINTO, 1997; SANTOS, 2006). Aliás, este modelo também não contempla a educação para a formação do cidadão contemporâneo, preconizada pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL 2002), os quais são voltados à construção de competências norteadoras de atitudes e posicionamentos pautadas no conhecimento científico.

Muitos problemas relacionados ao ensino e aprendizagem da química podem ser encontrados relatados na literatura, porém um deles merece destaque por seu caráter intrínseco a natureza desta ciência: a dificuldade em fazer compreender e dominar os fenômenos químicos nos três níveis de representação definidos por Johnstone (1982) para o conhecimento químico. A saber: macroscópico, submicroscópico e simbólico.

No ensino da química isso quer dizer que ao aprender essa ciência o aluno deve não apenas compreender conceitos, fórmulas, processos, expressões matemáticas e equações químicas, mas deve dominar cada um destes itens em cada dimensão do conhecimento química, transitando entre eles sempre que necessário para explicar um fenômeno, quer que seja no formalismo da química ou no contexto informal do dia a dia. Isso significa que as aulas de química exigem dos alunos um conjunto de habilidades de alto nível cognitivo (TABER, 2002), que precisam ser ensinadas e estimuladas, e é este aspecto que representa o

principal desafio no processo de ensino e aprendizagem da química (assim como de outras ciências) tanto para os professores como para os alunos (BRADLEY e BRAND, 1985).

A esse respeito Ben-Zvi, Eylon e Silberstein (1987) apontam que muitas das dificuldades de compreensão da química são oriundas da diferente lógica que certos conceitos requerem para sua compreensão. Naturalmente o pensamento lógico utilizado pelos estudantes na compreensão e explicar é construído sobre informações sensoriais, enquanto que certos conceitos químicos, que requerem uma compreensão submicroscópica e simbólica, são compreendidos por meio de uma lógica abstrata e de proposições. Como resultado desta disparidade, os estudantes não estabelecem relações apropriadas entre o nível macro e o submicroscópico (KOZMA e RUSSELL, 2007; GILLESPIE, 1997) e são incapazes de transitar adequadamente entre todos os níveis representação da química (WU, KRAJCIK e SOLOWAY, 2001).

Reconhecendo o importante papel desempenhado pelas representações na compreensão e aprendizagem da química, a literatura (JONHSTONE, 1993; GILBERT; BOULTER, 1995; WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001; CHITTLEBOROUGH; TREAGUST, 2007; KOZMA; RUSSELL, 2007; WU; SHAH, 2004) tem proposto a utilização de diversos recursos visuais como meio mediador entre o concreto/visual (macroscópico e simbólico) e o abstrato (submicroscópico), possibilitando diminuir as dificuldades de abstrair a partir conceitos e teorias, e assim possibilitando aos estudantes se apropriarem das diferentes formas do pensamento químico. Neste contexto outros estudos (SCHNETZLER, 2010; FRANCISCO; QUEIROZ, 2008; TERUYA et al., 2013) têm focado em descrever a produção acadêmica nessa área, principalmente nas décadas de 1990 e 2000.

Frente ao (não tão) novo paradigma da educação, o construtivismo, e buscando compreender como as visualizações podem contribuir para o ensino da química (principalmente para conceitos que envolvem conceitos abstratos e que requerem em seu trato uma alta capacidade cognitiva), neste trabalho apresentamos o cenário descrito na literatura acerca da utilização de recursos didáticos visuais como meio favorecedor da aprendizagem e do letramento científico de estudantes secundaristas.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Investigar na literatura da pesquisa educacional em química como se dá a utilização de recursos visuais no ensino da química, e como as estratégias de ensino que utilizam estes recursos têm contribuído para uma potencial promoção do letramento científico de estudantes da educação básica.

2.2 Especifico

- Compilar quais recursos visuais, empregados no ensino da química, têm sido relatados na literatura.
- Analisar como os recursos visuais têm sido utilizados.
- Sistematizar as abordagens em que são inseridas estratégias de ensino com recursos visuais favorecem o letramento científico.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Concepções de Aprendizagem

De acordo com Giusta (2013), o conceito de aprendizagem emergiu das investigações empiristas em Psicologia, tendo como base o pressuposto de que todo o conhecimento provém da experiência. No entanto, os primeiros ideários acerca da construção de conhecimento pelo homem antecedem a própria existência da psicologia, tendo como primórdio construções filosóficas em busca de explicação sobre a origem do conhecimento e o modo como este se desenvolve. Neste sentido, diferentes correntes epistêmicas se desenvolveram e são elas que subsidiam as concepções de aprendizagem.

Não trataremos aqui de Teorias de Aprendizagem, pois como afirma Moreira (2011), “Não se faz muito sentido ser rigoroso ao uso do conceito de Teoria de Aprendizagem se o próprio conceito de aprendizagem tem vários significados não compartilhados”. Também não trataremos de pseudo Teorias de Aprendizagem (teorias de desenvolvimento do conhecimento, teorias psicológicas e teorias do desenvolvimento cognitivo, que frequentemente tem seus conceitos aplicados ao campo da aprendizagem cognitiva), pois nosso foco aqui é discutir em termos epistêmicos as concepções de Aprendizagem no campo da cognição, podendo assim abordar, não apenas uma ou outra concepção subordinada à determinada teoria, mas quais aspectos epistêmicos estão embutidos no que se tem considerado como aprendizagem.

Moreira (2011) também aponta que muitos processos têm se definido como aprendizagem: “*Condicionamento, aquisição de informação (aumento do conhecimento), mudança comportamental estável, uso do conhecimento na resolução de problemas, construção de novos significados, de novas estruturas cognitivas, revisão de modelos mentais*”. Em virtude desta falta de critério na utilização do termo aprendizagem, se faz necessário distinguir as aprendizagens cognitivas das aprendizagens afetivas e das psicomotoras.

As aprendizagens cognitivas são aquelas relativas à cognição, ou seja, resultante da retenção organizada de informações na estrutura cognitiva do aprendiz por meio de atividades intelectuais. Já as aprendizagens afetivas são relacionadas a sentimentos, emoções e aceitação ou rejeição, e as aprendizagens psicomotoras envolvem respostas musculares adquiridas

através de treino e prática. Embora conceitualmente e epistemologicamente diferentes no curso de um processo de aprendizagem raramente se tem um único tipo de aprendizagem, mesmo que um se sobressaia aos outros.

De acordo com Darsie (1999), ao tentar compreender e explicar de que maneira se alcança o conhecimento, diferentes correntes epistemológicas foram desenvolvidas, entre as quais merecem destaque a empirista, a racionalista e a construtivista. Por consequência destas correntes epistemológicas resultam as concepções de aprendizagens de caráter empirista, racionalista e construtivista, e é este o ponto que iremos discutir a seguir.

3.1.1 Concepção de Aprendizagem Segundo a Epistemologia Empirista

Na corrente epistemológica empirista, a gênese do conhecimento está na vivência de experiências por meio dos sentidos, ou seja, os indivíduos adquirem conhecimento à medida que vão experimentando sensorialmente, conceitos, fenômenos e procedimentos, não havendo outra forma, senão esta de adquiri-lo.

De acordo com Kamii (1986 apud DARSIE, 1999) aponta que os empiristas consideravam *“os indivíduos como uma cera virgem sobre a qual se imprimem os conhecimentos, ou como uma lousa limpa onde, na medida que o sujeito cresce, vai-se inscrevendo o conhecimento trazido de fora e apreendido pelos sentimento”*.

Nesta corrente fica evidente a dicotomia sujeito que aprende/conhecimento, sendo o segundo de caráter externo ao primeiro. Observa-se também um entendimento simplista e linear da aprendizagem, entendendo-a como resultado do contato entre o ser que aprende e o material de estudo, logo, é suficiente para garantia da aprendizagem o contato com bons livros, boas explicações, bons exercícios e principalmente bons professores.

A este tipo de aprendizagem denominamos aprendizagem receptiva, onde o aluno recebe os conteúdos que deve ser aprender em sua forma final, pronta e acabada, não se faz necessário a compreensão ou a atribuição de significado aos mesmos, bastando que o aluno seja capaz de reproduzi-los quando solicitado. (DARSIE, 1999, p.11).

Essa mesma autora aponta que podemos encontrar, em várias situações de sala de aula, a confirmação da crença empirista:

A disciplina do silêncio, só o professor fala, o aluno tem que ouvir; o professor mostra, o aluno tem que olhar. Ver e ouvir em silêncio, sem desviar os sentidos para que o conhecimento possa “entrar” no indivíduo. Outros exemplos seriam: Ler a tabuada em voz alta para ver e ouvir e assim decorar; encher as paredes da sala com palavra ou fórmulas para, de tanto olhar, decorar. (DARSIE, 1999, p. 11).

Nesta corrente epistêmica a pedagogia é diretiva. Nas palavras de Moura, Azevedo e Mehlecke (2011) “*o aluno aprende, se e somente se, o professor ensina. O professor acredita no mito da transferência do conhecimento. O professor possui o saber e detém o poder estabelecido por hierarquia*”, ou como diria Freire (1979), “*O professor ainda é um ser superior que ensina a ignorantes. O educando recebe passivamente os conhecimentos, tornando-se um depósito do educador*”.

3.1.2 Concepção de Aprendizagens Segundo a Epistemologia Inatista;

Nesta corrente epistêmica a gênese do conhecimento está no indivíduo e não no meio externo. Para os Inatistas, ao nascer os indivíduos trazem em sua constituição genética uma bagagem hereditária de conhecimento construída por seus antepassados e transmitidas ao logo das gerações e é esta bagagem inata a cada indivíduo que determina sua aptidão para a aprendizagem. No inatismo as variáveis biológicas são as situações imediatas que se deve recorrer para explicar a conduta do sujeito, o que consiste em desprezar a ação do objeto sobre o mesmo.

Queiroz (2008) aponta que nesta corrente epistêmica, a prática escolar não importa e nem desafia o aluno, já que está restrito àquilo que o educando já conquistou. Segundo ele, “*O processo de ensinar e aprender só pode acontecer à medida que o educando estiver maduro para aprender. A educação terá o papel de aprimorar o educando*”.

Observamos nesta fala a importância dada pelos inatistas ao processo de desenvolvimento (maturação) biológico para a aprendizagem (entendida aqui, como despertar de conhecimentos inatos). Uma vez que o conhecimento já se encontra no aprendiz, o professor deve interferir o mínimo possível, nesse processo.

É no regime do *laissez-faire* ("deixa fazer") que ele encontrará o seu caminho. Esse professor acredita que o aluno aprende por si mesmo e o máximo que ele pode fazer é auxiliar a aprendizagem do aluno, despertando o conhecimento que já existe neste, (...) o professor é um auxiliar do aluno, um facilitador, pois o aluno já traz em si um saber que ele precisa, apenas, trazer à consciência, organizar, ou, ainda, recheiar de conteúdo. (Neves e Damiani, 2006, p. 4)

Em decorrência deste pensamento, Darsie (1999) aponta como consequência, concepções de aprendizagem e de ensino que indicam que cada indivíduo já traz o programa pronto em seu sistema nervoso, isso significa que, ao nascermos, já está determinado quem será ou não inteligente. Assim, uns nascem para aprender, e aprendem facilmente; outros não nascem para o estudo, se fracassam o fracasso é só deles. Ela ainda destaca que algumas afirmações como: *“ele nasceu para o estudo, já seu irmão...; matemática, física.... isso não é pra qualquer um; quem nasceu para a coisa (estudo), não precisa muita explicação; ele é muito novo, com o tempo o conhecimento aparece”* são encontradas frequentemente nas falas de professores, pais e, frequentemente, dos próprios alunos e denotam claramente uma concepção inatista de aprendizagem.

3.1.3 Concepção de Aprendizagens Segundo a Epistemologia Construtivista

A gênese do construtivismo remete ao cognitivismo, corrente filosófica que buscava compreender como se desenvolve o ato de conhecer. De acordo com Moreira (2011), essa filosofia trata principalmente dos processos mentais; se ocupa da atribuição de significados, da compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação evoluída na cognição. Ele ainda aponta que nessa perspectiva, uma vez entendido que a cognição se dá por construção chega-se ao construtivismo. Para ele:

O construtivismo é uma posição filosófica cognitiva interpretacionista. Cognitiva porque se ocupa da cognição, de como o indivíduo conhece, de como ele constrói sua estrutura cognitiva. Interpretacionista, porque supõe que os eventos e objetos do universo são interpretados pelo sujeito consciente. Moreira (2011, p.17).

Neste sentido, vários estudos com postura filosófica construtivista foram se desenvolvendo ao longo dos anos, os quais são denominados pesquisas psicologia genética (ou

psicogenética). Embora estas não se dediquem diretamente aos processos de aprendizagem escolar, muito de suas ideias, em termos epistemológicos, têm sido aplicadas ao contexto pedagógico.

Desse grupo, Giusta (2013) salienta que as que mais se voltaram para o problema da aprendizagem, segundo uma perspectiva mais promissora foram as inauguradas por Piaget, Vygotsky e Wallon. Embora adotem enfoques diferentes, estes estudiosos apontam para uma inter-relação indissociável entre o sujeito que aprende e o objeto de aprendizagem, deixando claro o abandono da dicotomia sujeito/objeto na construção do conhecimento e destacando que ambos se modificam (o sujeito constrói a si e reconstrói o objeto) no decorrer deste processo.

No ensino, essa postura implica em deixar de entender a aprendizagem como resultado, passando a entendê-la como processo e deixar de ver o aluno como receptor de conhecimentos, assumindo-o como agente de uma construção que é sua própria estrutura cognitiva, independentemente de como ele armazena e organiza esse conhecimento em sua mente.

Fica claro, então, que para os cognitivistas a aprendizagem é um processo de internalização das características do objeto de aprendizagem no qual o ser que aprende assimila conceitos e processos, e os ressignificam em sua estrutura cognitiva para interpretá-lo. Nas palavras de Driver (1988): “*Aqueles que aprendem não absorvem simplesmente o que lhes diz ou lêem*”.

Assim, enquanto as práticas educativas escolares pautadas no Empirismo e no Racionalismo têm sua atenção voltada para a organização do ensino, as práticas educativas pautadas no construtivismo focam na cognição e nos processos mentais superiores desencadeados ou modificados no decorrer de aprendizagens, buscando meios de propiciar estes processos e não apenas de incorporar o que já se está historicamente estabelecido.

3.2 Letramento Científico

A preocupação com a educação sempre esteve presente em países de primeiro mundo, mas foi a partir da década de 50 que ganhou maior notoriedade. Com a ascensão científica da União Soviética e a estagnação na formação de novos cientistas nos Estados Unidos, o impacto que o Sputnik soviético em 1957 sobre a educação se tornou explícita no documento

publicado pela Comissão Presidencial Consultiva estabelecida pelo presidente Dwight Eisenhower em 1959 (HURD, 1998). O governo americano encabeçou uma série de medidas e projetos de fomento à formação científica, que culminou numa modificação no modo de ensinar ciências, primando pelo desenvolvimento do espírito científico e influenciando a formulação e propagação do que hoje conhecemos como educação científica.

De acordo com a descrição de Schwartzman e Christophe (2009), não existe ainda uma delimitação exata do termo educação científica.

O termo “educação em ciências” pode significar muitas coisas, desde a difusão de conhecimentos gerais sobre a ciência e a tecnologia como fenômenos sociais e econômicos até a formação nos conteúdos específicos de determinadas disciplinas, passando pelo que se costuma denominar de “atitude” ou “método científico” de uma maneira geral; e desde a educação inicial até a educação superior de alto nível. (SCHWARTZMAN E CHRISTOPHE, 2009, p. 4)

Schwartzman e Christophe (2009) ainda argumentam que alguns autores buscam diferenciar, em inglês, *science education* de *scientific education*, reservando o primeiro termo para a formação geral sobre ciências e o segundo para a formação nas ciências específicas.

Science education está mais relacionado à formação técnica em áreas da ciência, assim, esta terminologia é empregada para designar o ensino de conceitos científicos, sem a preocupação de relacioná-los como questões ambientais e sociais. Já *Scientific education* está mais relacionado como a formação para a cidadania, mesmo que para isso se deva adquirir formação específicas em ciência. O foco trata-se da autonomia propiciada pela aquisição de conhecimentos científicos, que permitem ao sujeito atuar de forma consciente e responsável sobre o meio material e social no qual está inserido.

Quanto à definição, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 2007) define alfabetização científica como:

“a capacidade de usar conhecimento científico, de identificar questões e extrair conseqüências a partir de evidências, para compreender e ajudar a tomar decisões a respeito do mundo natural e das mudanças nele introduzidas pela atividade humana”. (OECD, 2007, p. 37)

Já o National Science Foundation, dos Estados Unidos traz a seguinte definição a respeito da alfabetização científica:

“é o conhecimento e a compreensão dos conceitos e processos científicos necessários para que as pessoas possam decidir e participar de atividades cívicas e culturais, e para a produtividade econômica. Ela inclui também habilidades específicas. Nos Padrões Nacionais de Educação Científica, os padrões de conhecimento definem a alfabetização científica” (NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, 1992, p. 9).

Esta última nos parece ser mais adequada para os parâmetros de educação da contemporaneidade. Nesta definição fica bem claro que o objetivo da educação é desenvolver no aprendiz as capacidades e habilidades necessárias para compreender e interferir no meio em sua volta a partir de um embasamento científico. Nesse sentido, durante a formação escolar do indivíduo os objetivos de aprendizagem deve ir além da mera formação instrucional, tradicionalmente realizada por meio do ensino de conceitos científicos isolados.

Esse entendimento também é compartilhado pelo National Research Council, do Canadá, o qual traz:

A alfabetização científica significa que a pessoa possa perguntar e encontrar respostas às questões derivadas da curiosidade a respeito das experiências do dia a dia. Significa que a pessoa tenha a habilidade de descrever, explicar e prever os fenômenos naturais. A alfabetização científica implica que a pessoa possa ler e compreender artigos sobre ciência na imprensa leiga e participar de conversações sociais sobre a validade das conclusões. Alfabetização científica significa que a pessoa possa identificar temas científicos subjacentes a decisões nacionais e locais e expressar opiniões científica e tecnologicamente informadas. Um cidadão cientificamente alfabetizado deve ser capaz de avaliar a qualidade da informação científica a partir de suas fontes e dos métodos utilizados para gerá-la. Alfabetização científica também implica a capacidade de colocar e avaliar argumentos baseada em evidência e aplicar conclusões apropriadas a partir destes argumentos (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1995, p.22).

De modo geral, a utilização do termo educação científica traz a ideia de que deve haver um mínimo de competências e conhecimentos científicos dominados por todas as pessoas, e que este possa lhe possibilitar uma melhor compreensão e atuação sobre a natureza e a sociedade. Porém, de acordo com Auler (2003) não existe ainda um conceito bem definido do que sejam estes conhecimentos mínimos iniciais, em contra partida, Schwartzman e

Christophe (2009) apontam que pode-se destacar quatro conceitos mais recorrentes em trabalhos e projetos que abordam a educação científica, são eles:

- Atitude científica – a capacidade de fazer inferências no mundo a partir de observações, superando a descrições já estabelecidas;
- Trabalho em grupo – entendimento que o desenvolvimento do conhecimento é processo de diálogo constante entre as pessoas e destas com os dados e observações do mundo real;
- Domínio conceitual específicos das diferentes disciplinas científicas – necessidade de conhecimento mínimo das principais características dos sistemas biológicos, físicos e sociais em que vivemos, em diferentes escalas e níveis de complexidade;
- A ciência e a tecnologia como fenômeno social – entendimento da ciência e da tecnologia não como algo dado, mas como um produto social em constante construção e transformação, e que tem impacto importante, positivo ou negativo, na sociedade e na vida das pessoas, portanto deve ser visto de forma crítica e reflexiva.

Neste sentido, diferentemente das abordagens adotadas nos anos iniciais da educação científica, hoje o foco não é formar cientistas por meio do chamado método científico, mas instigar os alunos a apreciação da ciência e a incorporá-la como instrumento de mobilização econômica e social. Hoje a ideia central é que a educação em ciências deve ter como foco inicial o desenvolvimento de atitudes mais gerais de curiosidade, observação dos fatos e busca de relações causais, e não o ensino formal das disciplinas específicas. Quando essas atitudes gerais são desenvolvidas, pode-se prosseguir para abordagens mais específicas quanto aos conceitos científicos em questão.

Segundo Schwartzman e Christophe (2009), essa vertente no ensino das ciências tem seu início atribuído à iniciativa de Leon Lederman, Prêmio Nobel de Física de 1988, que introduziu nas escolas primárias dos bairros pobres de Chicago, Estados Unidos, uma abordagem baseada em indagação, tendo como resultados, o entusiasmo de crianças com a ciência. Mais tarde, esse ensino por indagação foi trazido para a França, pelos físicos Georges Charpak (Prêmio Nobel de Física de 1992), Pierre Léna e Yves Quéré, os quais decidiram lançar sua própria versão de ensino baseado em indagação chamada de *La Main à la Pâte* (aprendendo fazendo).

De acordo com a UNESCO (2005) até 2004, o movimento se espalhou por escolas no Afeganistão, Argentina, Brasil, Cambódia, Chile, China, Colômbia, Egito, Malásia, México,

Marrocos, Senegal, Eslováquia, Togo, entre outras. Quanto ao Brasil, segundo Crestana et al. (1998 apud SCHWARTZMAN; CHRISTOPHE, 2009) o país não tem uma tradição importante e consistente de educação científica, embora tenha tido muitas experiências parciais neste sentido, que datam pelo menos da década de 50.

Neste sentido, os PCNs para o ensino de ciências enfatizam que se devem levar em conta os processos e fenômenos de maior relevância no mundo contemporâneo, além de procurar cobrir diferentes campos de fenômenos e diferentes formas de abordagem, privilegiando as características mais essenciais que dão consistência ao saber científico e permitem um olhar investigativo sobre o mundo real (SCHWARTZMAN E CHRISTOPHE, 2009). Com esses objetivos para o ensino das ciências, fica evidente nos PCNs a intencionalidade de formar indivíduos cientificamente letrados.

Quanto ao letramento científico, Fourez (2005, p. 51) argumenta que:

“[...] as pessoas poderiam ser consideradas científica e tecnologicamente letradas quando seus conhecimentos e habilidades dão a elas um certo grau de autonomia (a habilidade de ajustar suas decisões às restrições naturais ou sociais), uma certa habilidade de se comunicar (selecionar um modo de expressão apropriado) e um certo grau de controle e responsabilidade em negociar com problemas específicos (técnico, mas também emocional, social, ético e cultural)”.

Portanto, a fim de enfatizar os objetivos formativos e promover as competências elencadas nos PCNs, é imprescindível que as situações de aprendizagem se apresentem como desafios pessoais cuja resolução, por parte dos alunos, envolva mobilização de recursos cognitivos na aquisição e construção de conhecimentos, investimento pessoal e perseverança para uma tomada de decisão, e é neste sentido que a utilização de metodologias ativas nós parece ser um caminho coerente a ser percorrido.

3.3 A natureza do Conhecimento Químico

Se quisermos de fato compreender como e quando ocorre a aprendizagem em química, devemos primeiramente, recorrer aos aspectos essenciais a essa ciência, ou seja, a sua natureza.

A química é essencialmente uma ciência visual. Desde sua gênese na alquimia que muitos símbolos têm sido usados para teorizar e expressar a composição da matéria e suas transformações. Na alquimia buscou-se representar conceitos, por meio de símbolos, códigos, fórmulas e esquemas variados com objetivo de restringir o acesso ao conhecimento. No entanto, ao passo que conhecimentos e procedimentos da alquimia foram sendo cientificados a utilização de representações como meio de expressar conceitos e procedimentos químicos só fez aumentar, e vem sendo aprimorada a cada dia.

Na literatura em ensino e aprendizagem da química vários enfoques têm sido evidenciados nas últimas décadas: a utilização de materiais lúdicos como meio facilitador da aprendizagem, estratégias investigativas, experimentação, ambientes virtuais de aprendizagem, etc. No entanto, nos parece consenso que para compreender bem os conceitos e processos químicos, o aluno deve ser capaz de explicar fenômenos observáveis por meio da composição e das propriedades das entidades que o compõem, ou seja, por meio de sua estrutura atômica/molecular, e para isso deve lançar mão da linguagem e de representações.

Neste sentido, Johnstone (1982) foi um dos primeiros pesquisadores a propor a existência de níveis de representação do conhecimento químico, criando um modelo para explicar as relações existentes entre eles. Para ele, os níveis de representação do conhecimento químico são três, sendo que dois deles, o macroscópico e o microscópico, estão relacionados a aspectos reais, e um terceiro nível, o simbólico, está relacionado ao aspecto representacional. Para Johnstone, ao considerar a existência desses três níveis, estará sendo considerada a natureza do conhecimento químico.

Nas últimas décadas esta compreensão tem sido bastante discutida na academia, inclusive orientando várias pesquisas e currículos escolares, que vêm na proposta de Johnstone uma forma clara de evidenciar aspectos do conhecimento químico por meio de níveis, bem como de facilitar a articulação entre eles na elaboração, proposição, implementação e avaliação de propostas pedagógicas e metodológicas visando facilitar a aprendizagem e o domínio de competências em química.

Entretanto Johnstone não foi o único que se deteve a estudar a natureza do conhecimento químico por meio de seu caráter representacional. Sua proposta acabou podendo desencadear uma série de estudos que busca uma melhor compreensão a cerca da natureza do conhecimento químico, suas dimensões e maneiras de transitar entre elas. A seguir discutiremos o trabalho de Johnstone e faremos uma breve descrição de alguns estudos influenciados por sua pesquisa.

3.3.1 Johnstone

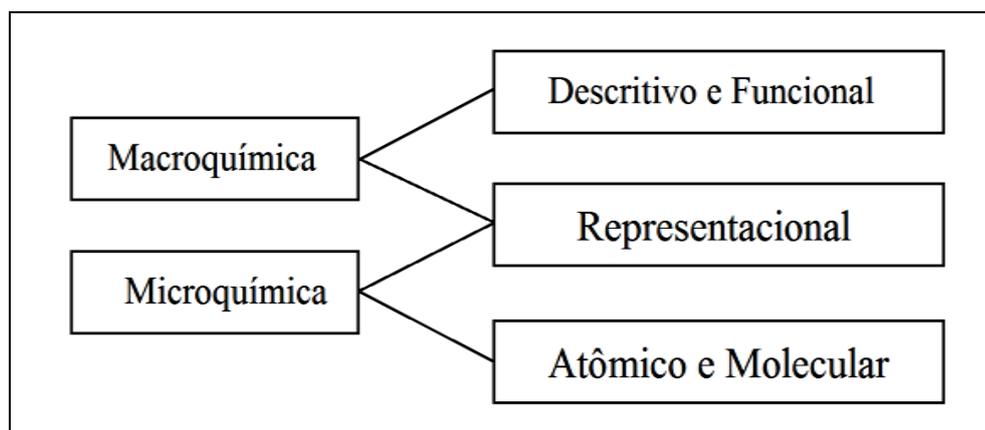
Segundo Melo (2015) Johnstone em 1982 lança suas idéias sobre a natureza do conhecimento químico no artigo Macro and micro-chemistry, onde explica a existência de três diferentes níveis de representação do conhecimento químico e propõe um modelo que auxilia os professores e alunos a entendê-los e a transitar entre eles.

Nesse modelo foi proposto um nível descritivo e funcional, um nível atômico e molecular, e um nível representacional. O primeiro nível se refere à parte observável da Química, ou seja, aos fenômenos observáveis direta ou indiretamente. Há uma descrição e/ou mensuração macroscópica dos fenômenos por meio de propriedades como: cor ou mudança de cor, odor, liberação de gás, precipitação, densidade, alteração de propriedades elétricas, dentre outras. Essas constatações podem ser feitas por meio dos sentidos ou com auxílio de aparelhos, como por exemplo, na aferição de propriedades elétricas por meio de um multímetro. O segundo nível faz referência a como são explicados os fenômenos observáveis macroscopicamente. Ou seja, é a química explicativa, conceitual e teórica que se vale de uma série de conhecimentos construídos e validados historicamente e cientificamente para explicar os fenômenos por meio da modelagem científica, os quais podem envolver diversos conceitos, como os de átomos, íons, moléculas, polímeros, ligações químicas, balanços energéticos, etc. Tudo isso para criar na mente uma forma de pensar e racionalizar o nível descritivo e funcional. É a criação de imagem mental, um modelo que explique satisfatoriamente o porquê do fenômeno observado. Já o último nível compreende a linguagem formal e mundialmente utilizada na química para descrever e representar os fenômenos. Essa linguagem compreende: símbolos, expressões, fórmulas químicas, equações matemáticas, equações químicas, gráficos diagramas, figuras, esquemas, tabelas, modelos físicos, entre outros. Nesse nível também são inclusos as animações, softwares e simuladores.

Em resumo, busca-se representar os fenômenos e suas explicações utilizando-se da linguagem científica da química, de modo que outros que não os visualizaram possam compreendê-lo.

Melo (2015) aponta que nesse artigo Johnstone também organiza esses níveis de representação da química em dois grupos: a macroquímica, pautada pelo nível descritivo e funcional e a microquímica, pautada pelo nível atômico e molecular. Sendo nível representacional, um nível de descrição, permeia ambos os grupos. A figura 1, apresenta esta organização.

Figura 1: Grupos e níveis Representação do conhecimento químico.

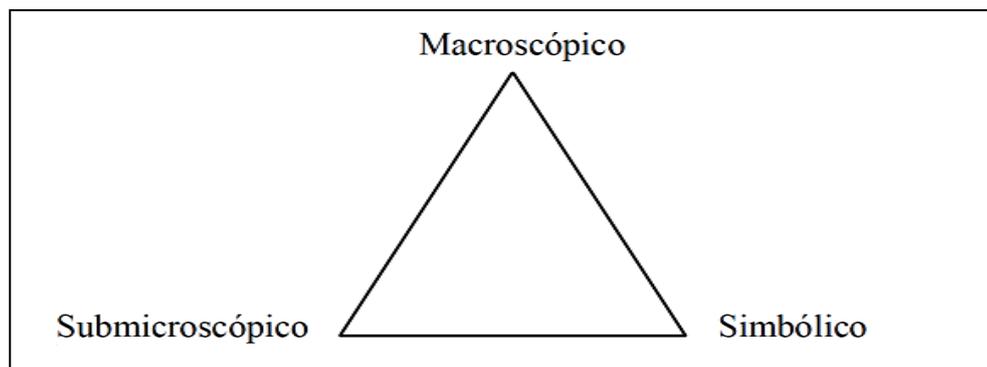


Fonte: Adaptado de Johnstone (1982, p.378, apud MELO, 2015, p.16)

Dez anos após propor seu modelo, Johnstone (1993 apud WARTHA; REZENDE, 2011) fez algumas alterações e apresenta uma nova versão, denominada “componentes de uma nova Química”. Mais a frente Johnstone (2000 apud WARTHA; REZENDE, 2011) o renomeia de “formas de uma natureza para a Química”, onde os componentes da nova Química seriam a macroquímica do tangível, do concreto, do mensurável; a submicroquímica do molecular, do atômico e cinético; e uma Química do representacional que corresponde aos símbolos, às equações e fórmulas químicas.

Em 2009, em seu artigo “*You Can't Get There from Here*” Johnstone novamente altera seu modelo, reorganizando seus níveis de representação do conhecimento químico em forma de um triângulo (Figura 2) e os renomeia como: nível macro e tangível, nível molecular e invisível, nível simbólico e matemático (MELO, 2015). Vale ressaltar que na literatura outras denominações são encontradas para estes níveis, dentre as quais nível macroscópico ou macro, nível microscópico, micro, submicroscópico ou submicro, nível simbólico ou representacional, respectivamente, são as mais comuns. Pautado pela literatura, utiliza-se no presente trabalho, as denominações nível macroscópico, nível submicroscópico e nível simbólico, para evitar equívocos de compreensão.

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



Fonte: Adaptado de Johnstone (2009, p. 24 , apud MELO, 2015, p.16).

Nesse novo modo de organizar as formas de representar a Química não há uma hierarquia entre os níveis, embora a figura geométrica do triângulo normalmente seja utilizada para ilustrar organizações que tenham uma base (que denota menos importância) e um topo (posição de maior relevância).

Nessa figura cada uma das formas de representar o conhecimento químico é locada em um dos vértices do triângulo e cada lado do triângulo representa a transição de um nível a outro. No entanto, muitas vezes na abordagem de um fenômeno é preciso utilizar-se de mais de um nível de representação, no triângulo de Johnstone isso significa que essa abordagem localiza-se em algum ponto em seu interior e está mais próxima do nível representacional mais enfatizado. É justamente neste aspecto que o trabalho de Johnstone tem contribuído muito para elaboração de práticas docentes mais eficientes.

Johnstone (2009 apud MELO, 2015) argumenta que a compreensão de muitos fenômenos requer o pleno domínio dos três níveis do conhecimento químico. Os professores, assim como os químicos, em suas explicações transitam livremente entre eles, discutindo simultaneamente os três e utilizando-se mais ou menos de um ou de outro, dependendo da necessidade. No entanto, ele destaca que durante o processo de ensino e aprendizagem da química tem-se enfatizado quase que exclusivamente os aspectos macroscópicos e simbólicos e que esse excesso de ênfase tem acarretado dificuldades no aprendizado desta ciência, pois limita a capacidade de modelagem dos alunos, os privando de compreender os aspectos estruturais por traz do visual, ou seja, a submicroquímica. Mesmo que o autor admita que para a educação básica o foco esteja na formação para cidadania, não sendo a submicroquímica o aspecto mais importante, ele explica que devido a essa limitação há uma tendência dos alunos

explicarem os fenômenos químicos no plano macroscópico, por não possuírem competências ou recursos simbólicos bem estabelecidos em suas estruturas cognitivas para compreender as transformações químicas num nível que requer uma maior capacidade de abstração como é o caso das interações Atômicas / Moleculares.

Como alternativa para superar esse déficit, Johnstone propõe que as aulas de química privilegiem igualmente os três níveis do conhecimento químico, mas que se siga uma ordem nas abordagens em sala de aula. Para ele deve-se trabalhar primeiro o nível macroscópico, pois o aluno já está habituado a ele, e aos poucos ir introduzindo o nível submicroscópico. Só então apresentar os aspectos representacionais e matemáticos.

Melo (2015) argumenta que no triângulo de Johnstone, isso significa que o professor deve trabalhar um vértice do triângulo de cada vez, partindo do vértice mais alto, nível macroscópico, caminhar em direção ao segundo vértice conduzindo seus alunos na transição para nível submicroscópico e seguir pela base até o terceiro vértice, mostrando como representar e quantificar formalmente as entidades submicroscópicas e suas dinâmicas e reações. Essa representação, quantificação e formalização, realizada no nível simbólico, também deve se estender ao nível macroscópico, o que no triângulo significa partir do vértice simbólico e caminhar pela aresta até o vértice mais alto, fechando assim a figura. Por fim, quando os alunos dominarem plenamente os três níveis, eles terão desenvolvido capacidades e habilidades, e disporão de amplos recursos simbólicos que os permitirão interpretar fenômenos de uma forma ampla. Neste instante, os alunos estarão transitando em algum lugar no interior do triângulo.

Melo (2015) destacar a importância dada por Johnstone a estratégia de ensino utilizada pelo professor. Segundo ela, para Johnstone (2009) quando o professor trabalha simultaneamente os três aspectos do conhecimento químico sem antes tratar de cada um deles separadamente, pode haver uma sobre carga na memória de trabalho dos estudantes. Para evitar isso, ele sugere relacionar os conhecimentos que se quer ensinar à conhecimentos já bem estabelecidos na estrutura cognitiva do aluno. Isso em todos os níveis, e principalmente nas transições entre eles. Quando o aluno possui em sua memória de longo prazo aspectos relacionáveis ao estabelecimento de relações com o novo conhecimento, há uma possibilidade maior da ancoragem das novas informações ser permanente, passando da memória de trabalho para a memória de longo prazo e resultando em novas aprendizagens.

3.3.2 Mortimer e colaboradores

Eduardo Mortimer tem sido um dos grandes pesquisadores brasileiros em ensino de química. Em 1995 ao estudar como se dá a evolução de conceitos químicos no contexto da aprendizagem, destaca a existência de uma dicotomia drástica entre os conceitos químicos ensinados nas escolas e aqueles utilizados no dia-a-dia, que por muitas vezes quase inconscientes e dispersos, mas ao mesmo tempo úteis, porque culturalmente enraizados. Segundo ele, a literatura tem mostrado que essas concepções do dia-a-dia sobrevivem às mais variadas estratégias de ensino, mesmo aquelas elaboradas com o objetivo de suprimi-las. Ele ainda acrescenta que essa persistência talvez possa ser explicada pelo enraizamento dessas concepções na nossa cultura cotidiana e que seria um esforço inútil tentar suprimi-las, já que elas são úteis ao nosso dia-a-dia.

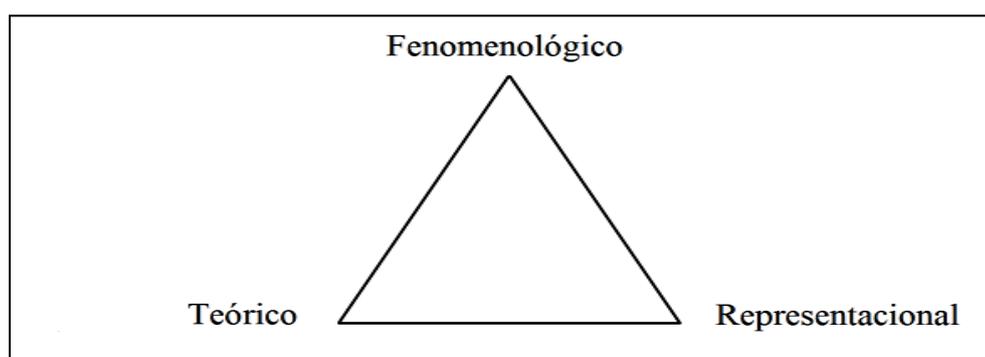
Considerando-se que o fator cultural tem um peso tão importante quanto os conhecimentos técnicos e científicos da química, na construção do currículo escolar e da efetivação da prática docente, o autor apresenta um novo entendimento acerca da aprendizagem da química. Para ele os conceitos centrais da Química e de outras ciências naturais não são únicos, mas se encontram dispersos em perfis. A ideia básica de perfil conceitual é a de que as pessoas podem apresentar diferentes maneiras de ver e representar o mundo, logo, dependendo do contexto, existe diferentes maneiras de compreender e explicar um determinado fenômeno. Ainda para Mortimer (1995 e 1997), especialmente no ambiente escolar, ao colocar lado a lado, num mesmo perfil, concepções cotidianas e conceitos químicos clássicos e modernos, cria-se um quadro de referência que permite traçar a linha evolutiva dos conceitos e identificar os obstáculos à construção de ideias mais avançadas, reduzindo a distância entre a vida cotidiana e a ciência contemporânea.

Em Mortimer, Machado e Romanelli, (2000), os autores fazem uma crítica mais pronunciada aos currículos tradicionais. Segundo eles, no ensino de química tradicional há uma ênfase exagerada nos aspectos formais da Química (conceitual, matemático, procedimental e representacional) em detrimento de possíveis aplicações de conceitos no cotidiano. Pouco se preocupa com as questões do dia-a-dia.

Em contraposição ao currículo tradicional, Mortimer, Machado e Romanelli (2000) defendem um currículo aberto às questões culturais e que favoreça o diálogo entre o discurso científico e o cotidiano, possibilitado aos estudantes compreender substancialmente conceitos formais a partir de ideias informais, de contextos de natureza social e tecnológica.

A respeito dos conceitos ensinados nas aulas de química, esses autores apoiam-se na obra de Johnstone (1982) e redimensionam os níveis de representação do conhecimento químico, os definindo como “três aspectos do conhecimento químico”: *fenomenológico ou empírico, teórico ou “de modelos” e representacional ou da linguagem*. Esses aspectos da química também foram organizados em um triângulo (Figura 3).

Figura 3: Aspectos do conhecimento químico definidos por Mortimer.



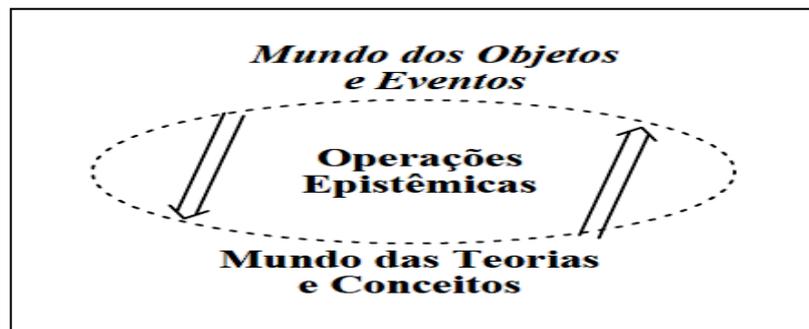
Fonte: Mortimer (2000, p. 277 apud MELO, 2015, p. 20).

De acordo com Melo (2015), o aspecto fenomenológico se refere aos aspectos concretos obtidos por meio dos sentidos, percebidos direto ou indiretamente por meio de equipamentos. Já o teórico abrange o caráter abstrato da química, utilizando - se de modelos teóricos para explicar determinado fenômeno a partir de sua natureza atômico-molecular. Enquanto o aspecto representacional engloba os meios da linguagem científica utilizados para comunicar e representar formalmente fenômenos químicos e seus componentes. São equações, fórmulas, gráficos, símbolos entre outros.

Melo (2015) aponta que para Mortimer, Machado e Romanelli (2000), além do problema da não contextualização cultural, a ênfase exagerada no formalismo, principalmente no aspecto representacional gera nos estudantes a crença que símbolos, fórmulas e modelos físicos apresentados nas aulas são representações “reais”, e não modelos teóricos de representação, uma vez que no mundo real, no dia a dia não há esta distinção. Eles também pontuam que os três aspectos do conhecimento químico, devam ser evidenciados igualmente nas estratégias de ensino, pois a produção de conhecimento científico resulta sempre da relação dinâmica / dialética entre experimento e teoria, conseqüentemente pensamento e realidade, e que esta relação só é possível por meio das diferentes formas de linguagem.

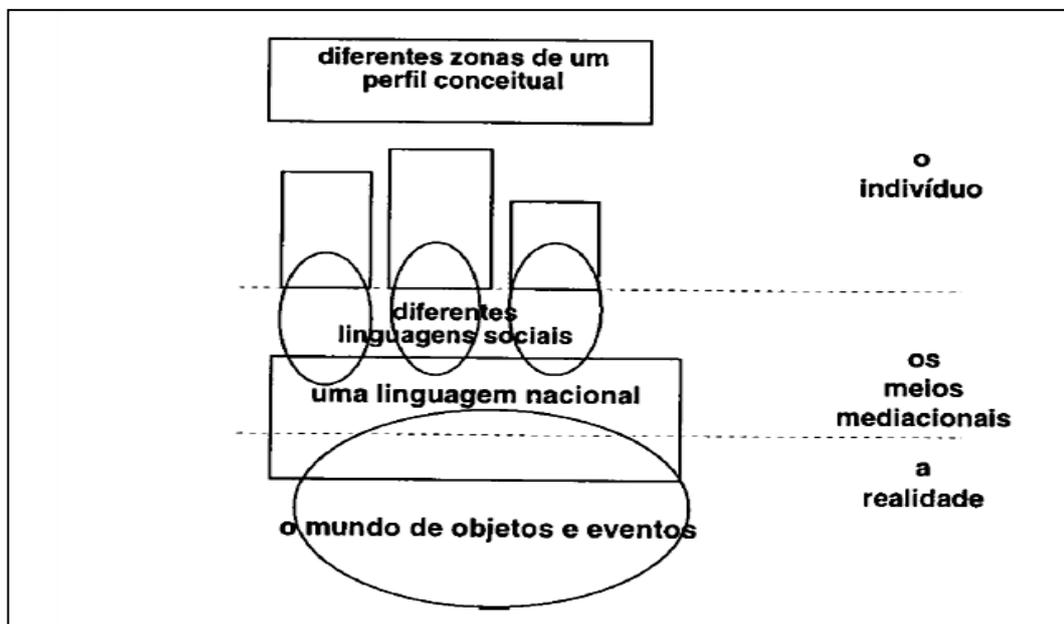
Compreendendo a importante função da linguagem na transição entre aspectos da química e na efetivação e consolidação de aprendizagens, Mortimer et al., (2007 apud Wartha; REZENDE, 2011) trazem uma nova interpretação (figura 4) acerca das relações entre tipos representações no ensino de ciências a partir de seu esquema de perfil conceitual (figura 5) para enfatizar que a produção de enunciados na sala de aula ora tomam como base referentes do mundo concreto (macroscópico), ora tratam de referentes do mundo abstrato (submicroscópico).

Figura 4: Relações entre tipos representações no ensino de ciências.



Fonte: Adaptado de Mortimer et al. (2007 apud WARTHA; REZENDE, 2011, p.281)

Figura 5: Esquema de perfil conceitual.



Fonte: Mortimer (1997, p.202).

Nessa nova interpretação os aspectos da química são redefinidos como três conjuntos de categorias de representação, sendo eles: modelagem (teórico), níveis de referencialidade (fenomenológico) e operações epistêmicas (representacional). A redefinição é necessária não apenas por questões estéticas, mas para demarcar que é por meio do aspecto representacional, especialmente pela linguagem, que movimentos epistêmicos se estabelecem e possibilitam conectar o mundo concebido pela ciência e suas teorias, modelos e conceitos com o mundo empírico, das experiências e dos objetos e eventos que constituem nosso conceito sócio-histórico de “realidade”, onde nós mesmos somos parte construída e construtora.

3.3.3 Treagust e colaboradores

Treagust e seus colaboradores têm estudado o desenvolvimento de habilidades de modelagem em estudantes secundaristas e suas relações com os níveis de representação do conhecimento químico propostos por Johnstone (1982), em especial os níveis submicroscópico e simbólico.

Em trabalho publicado em 2003 eles avaliam a função das representações em nível simbólico e submicroscópico na compreensão de fenômenos químicos e a forma como estas são compreendidas pelos estudantes. Nesse trabalho ele considera como sendo representações em nível submicroscópico apenas aquelas que ilustram propriedades e interações de entidades submicroscópicas, tais como: vibrações e rotações moleculares, interações interatômicas, momento magnético, etc. Para ele os modelos físicos, tais como kit de bola e palito, utilizado na construção de moléculas, se enquadram no nível simbólico de representação, mesmo que estes sejam utilizados para ilustrar uma entidade microscópica.

Em sua análise, ele relaciona os níveis de representação propostos por Johnstone com tipos de explicações científicas (analógica, antropomórfica, relacional, baseada em problemas e baseada em modelos) e chega a conclusão que a articulação desses três níveis possibilita ao estudante a criação de imagens mentais mais eficientes, superando em partes a finalidade atribuída à utilização dos modelos físicos durante o processo de ensino-aprendizagem. No entanto, em outro trabalho publicado em 2007 (Chittleborough e Treagust, 2007), ele chega a conclusão de que os modelos físicos desempenham um papel fundamental na transição entre os níveis de representação macroscópico e sub-microscópico, sendo uma ponte estável quando bem utilizados.

Os resultados obtidos nos trabalhos de Treagust nos levam a crer que para ele mais importante que a utilização de representações, sejam elas físicas ou não, no estabelecimento de imagens mentais, é a propiciação de meios que favoreçam a articulação entre os três níveis de representação do conhecimento químico.

3.3.4 Mahaffy

Em seu artigo “*O novo modelo para a educação química*”, Mahaffy (2004) aponta a importância da utilização de modelos para o desenvolver da química e as importantes transformações sofridas por essa ciência e seu ensino, nos dois últimos séculos. Em relação ao século atual, ele destaca que muitas forças contribuíram e continuam a contribuir para moldar o ensino e a aprendizagem da química às necessidades da sociedade contemporânea. Ele destaca:

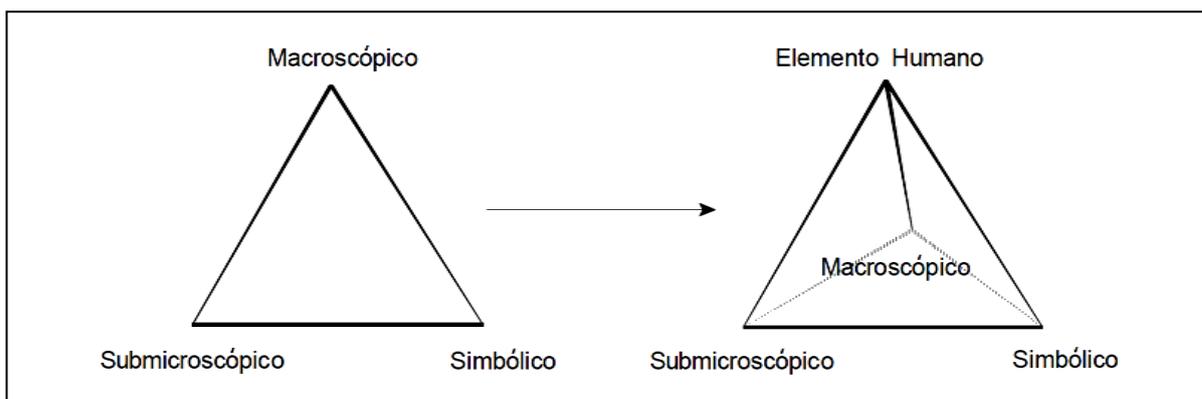
- Alterações fundamentais nos contornos da química definidos pelas novas interfaces e Áreas de pesquisa;
- Mudanças em nosso entendimento de como os alunos aprendem e como isso se aplica à educação química;
- A aplicação generalizada das tecnologias da informação e da informática para complexos fenômenos científicos, e;
- Forças externas, como as preocupações globais com os recursos hídricos e ambientais, e o nível de alfabetização química e compreensão pública da ciência.

Frente a essa realidade, ele evidencia que os níveis de representação do conhecimento químicos definidos por Johnstone são necessários para os estudantes darem sentido à química, mas que não são mais capazes de darem conta dessa tarefa sozinhos.

Segundo o autor, mesmo que muito se tenha avançado e utilizado tecnologias da informação e da informática, tais como animações, simulações e modelos moleculares dinâmicos, para facilitar a transição de um nível a outro, pesquisas em educação química têm com frequência constatado concepções errôneas a cerca de conceitos e processos químicos em todos os níveis de representação da química. Isso porque, segundo ele, o ensino de química tem se concentrado em aspectos técnicos e em modelos prontos, se dá a devida atenção a interferência do homem nesta ciência e desta sobre a vida em sociedade. Como meio de superar boa parte destas dificuldades, Mahaffy (2004) paltado pela história da química e pela

necessidade de compreensão do papel da química na vida cotidiana, propõe considerar o elemento humano como nova dimensão para a aprendizagem em química nua perspectiva de alfabetização científica. Ao considerar essa nova dimensão, ele expande como forma metafórica o triângulo de Johnstone para um tetraedro (figura 6).

Figura 6: Ensino Químico Tetraédrico: Uma nova ênfase no elemento humano.



Fonte: Mahaffy (2004, p.231)

O acréscimo do elemento humano ao triângulo de Johnstone coloca nova ênfase em duas questões a serem consideradas no ensino e na aprendizagem da química: 1 – As diversas considerações econômicas, políticas, ambientais, sociais, históricas e filosóficas, que pautaram e pautam nossa compreensão a cerca de conceitos, reações e processos químicos que ensinamos na escola e utilizamos no convívio social. 2 – O aprendiz humano. A educação em uma química tetraédrica mapeia estratégias pedagógicas para introduzir ao mundo real uma nova interpretação a luz da química (simbólica, macroscópica e submicroscópica), possibilitando conhecer as concepções dos alunos e sanar equívocos. Para isso, ela privilegia a utilização de estudos de casos, projetos de investigação, estratégias de resolução de problemas, aprendizado ativo e estratégias pedagógicas correspondentes aos estilos de aprendizagem dos alunos.

Mahaffy traz uma nova ideia para o ensino da química, a de uma educação química tetraédrica, mas reconhece que a ênfase subjacente ao elemento humano não é inédita. Ele apresenta que vários escritos do século passado apontam para associações do desenvolver dessa ciência com questões autênticas de contextos e de interesses humanos. Ele também

argumenta que professores de química bem sucedidos já praticam a educação química tetraédrica, mesmo sem a conhecer.

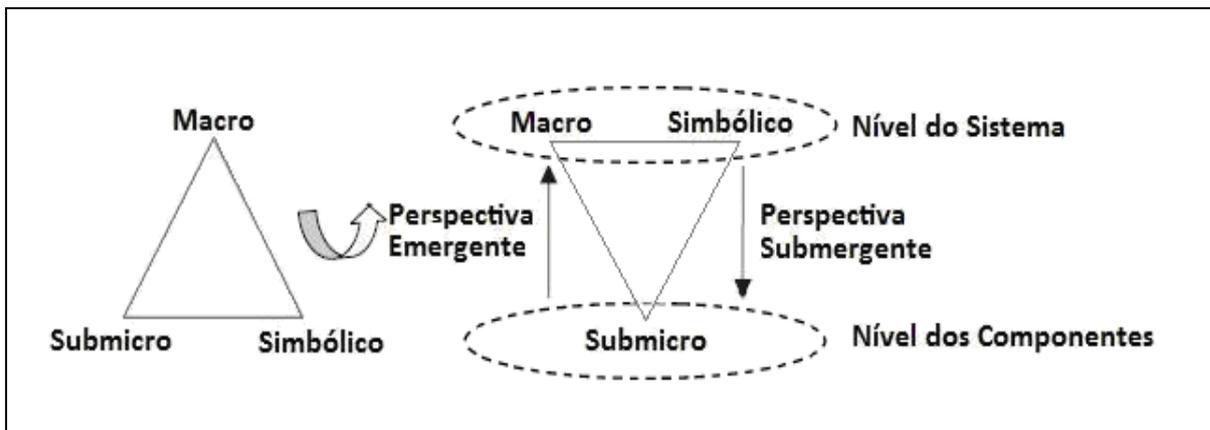
O modelo tetraedro é uma forma de enfatizar a importância do contexto no ensino da química. Ele insere o homem e suas questões num lugar tão importante na elaboração e implementação de estratégias de ensino, quanto as dimensões macroscópica, submicroscópica e simbólica. E essa nova estrutura pode nos ajudar a integrar conteúdo e contexto, em vez de enfatizar um em detrimento do outro.

3.3.5 Rappoport e Ashkenazi

Ao analisarem o modelo de representação para o conhecimento químico proposto por Johnstone, Rappoport e Ashkenazi (2008) citado por Wartha e Rezende (2011), apontam que ao se considerar a existência de níveis de representação e pela própria natureza de cada um deles, se considera existir níveis de pensamento, pois toda compreensão acerca da química, em cada um dos níveis propostos por Johnstone, se dá na mente humana. Desta forma, os autores entendem que os níveis de representação são níveis de abstração tendo-se como critério a experiência sensorial e propõem ressignificar esse níveis como níveis de complexidade, onde o critério é a emergência.

Nessa perspectiva se considera que a explicação de fenômenos químicos observáveis se dá por meio de entidades não observáveis, por tanto, os níveis superiores surgem da interação de objetos em níveis inferiores. Em outras palavras o nível macroscópico surge a partir das interações que ocorrem no nível submicroscópico. Com essas considerações, os autores propõem ser mais adequado girar o triângulo de Johnstone no sentido anti-horário (Figura 7), obtendo-se um triângulo invertido.

Figura 7: Nova configuração para o triângulo de Johnstone em termo de níveis de complexidade.



Fonte: Rappoport e Ashkenazi (2008, p.1588 apud WARTHA; REZENDE, 2011, p.279).

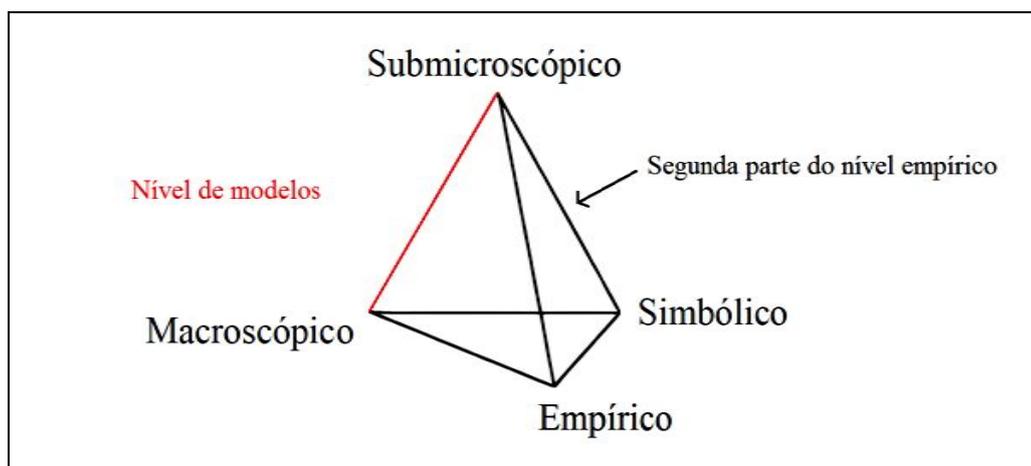
Rappoport e Ashkenazi (2008 apud WARTHA; REZENDE, 2011, p. 279) justificam essa nova configuração argumento a existência de apenas dois níveis de complexidade para a química, o nível de sistema que compreende os aspectos macroscópicos e simbólicos, e o nível de componentes que compreende os aspectos submicroscópicos, sendo o primeiro emergente do segundo. Segundo Wartha e Rezende (2011), eles ainda destacam que os aspectos simbólicos não sejam vistos como nível de complexidade, uma vez este se constitui como uma linguagem, uma forma de representar os outros aspectos. Entretanto, eles o colocam no nível de sistema por ser visual, mais próximo do nível macroscópico, mesmo reconhecendo que pode ser utilizado para comunicar aspectos submicroscópicos.

3.3.6 Kermen e Méheut

Em estudo realizado na França, Kermen e Méheut (2009) identificaram que os estudantes se utilizam de diversos modelos para interpretar transformações químicas, mas que em geral tendem a privilegiar apenas um deles. Elas também constataram que a maioria dos estudantes recorre a modelos macroscópicos e apresentam explicações incompletas quando são solicitados a explicar um fenômeno químico.

Na interpretação destas constatações eles propõem utilizar um tetraedro (figura 8) adaptado a partir do triângulo de Johnstone. Neste tetraedro é evidenciado um outro nível de representação do conhecimento químico, o nível empírico.

Figura 8: Adaptação ao triângulo de Johnstone proposta Kermen e Méheut (2009).



Fonte: Adaptado de KERMEN e MÉHEUT (2009, p.28).

Segundo as autoras, esse novo esquema é necessário porque distingue o fenômeno empírico (macro) dos modelos macroscópicos que o interpreta (representação simbólica). No entanto, essa afirmação da modelagem macroscópica não esgota o nível simbólico, pelo contrário, Kermen e Méheut (2009) afirmam que as representações simbólicas são usadas para nomear e descrever componentes de modelos tanto macroscópico como microscópico (segunda parte do nível empírico).

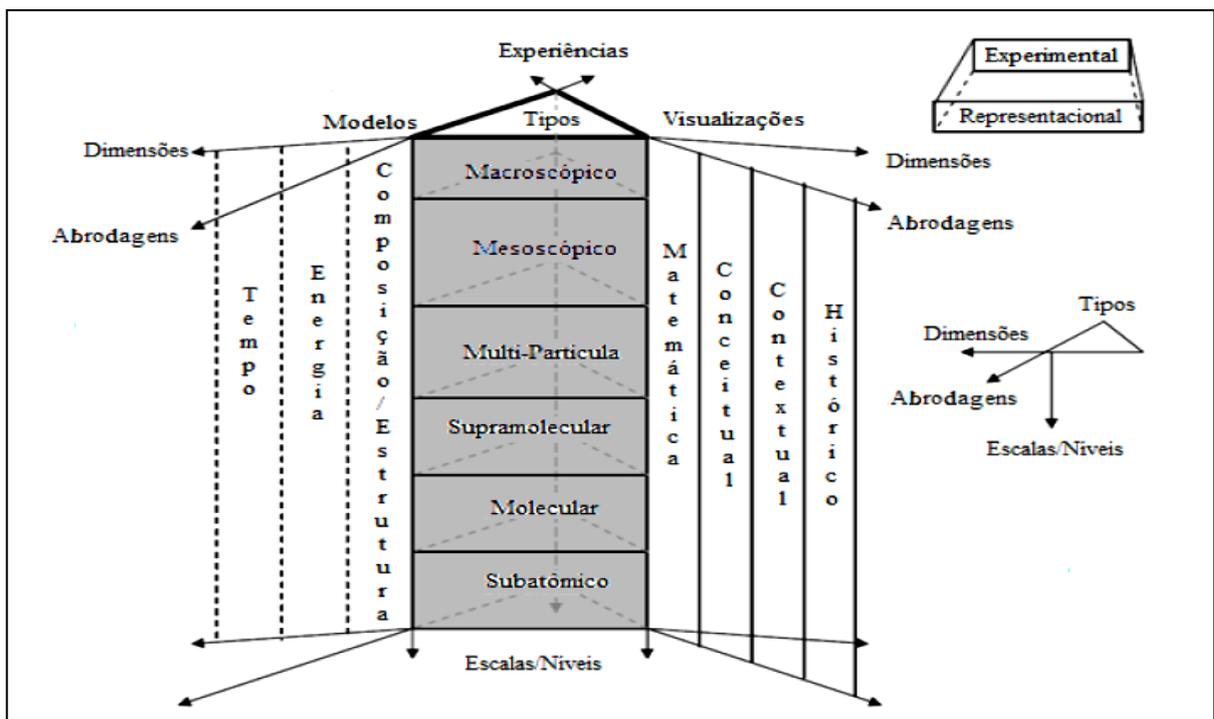
Nesse estudo elas explicam o caso da cinética química, que pode ser visualizada indiretamente (nível empírico), modelada por meio de equações, fórmulas, etc. (nível macroscópico) e/ou por meio da teorização da colisão entre partículas, movimentação constante das partículas, etc. (nível microscópico) e que essa modelagem se dá por meio de uma linguagem própria à química (nível simbólico). Assim, acreditam que o esquema do tetraedro pode ser um instrumento auxiliador na proposição de aulas mais eficientes em relação aos objetivos pretendidos e facilitador no acompanhamento dos alunos na construção de modelos explicativos, possibilitando avaliar como e quando ocorre a transição de um nível a outro, e principalmente, identificar as dificuldades apresentadas por eles neste percurso.

3.3.7 Talanquer

Ao analisar a obra de Johnstone e as ideias subjacentes a ela, Talanquer (2011) aponta que seu modelo de representação para a química inspirou várias pesquisas relativas ao ensino e aprendizagem da química e fundamentou reformulações curriculares. No entanto, ele identificou dificuldades na literatura em explicitar quais dos níveis são realmente representações.

Numa tentativa de ampliar as discussões e elucidar os diferentes aspectos do conhecimento químico a serem considerados em uma estratégia de ensino, Talanquer (2011) sugere considerar o conhecimento químico em sua complexidade, propondo uma nova representação para os aspectos da química (figura 9). Essa nova representação buscando melhor situar a questão dos níveis de representação da química nua estratégia de ensino, ou seja, uma interpretação pedagógica da natureza e estrutura do conhecimento químico.

Figura 9: Escalas do conhecimento químico. A imagem representa um espaço multi-dimensional definido pelos diferentes níveis de dimensões e abordagens nos três tipos de conhecimento (experiências, modelos e visualização) que podem ser conceitualizados.



Fonte: Adaptado de Talanquer (2011, p. 181).

O modelo elaborado por Talanquer (2011) propõe uma divisão entre o nível experimental (macroscópico/empírico) e o nível representacional (sub-microscópico e simbólico/modelo e visualização). Nela se conserva a estrutura de um triângulo, mas com novos elementos em seus vértices: o vértice macroscópico passa a ser denominado experiências; o vértice submicroscópico passa a ser denominado modelos; o vértice simbólico passa a ser denominado visualizações.

Esses novos vértices podem ser entendidos como: *Experiências* - inclui o conhecimento descritivo adquirido de forma direta (pelos sentidos) ou indireta (usando instrumentos). Remete ao conhecimento empírico da química, *Modelos* - incluem modelos teóricos que os químicos desenvolveram para dar sentido ao mundo experimental, de modo a descrevê-lo e explicá-lo como resultante de sua estrutura interna (arranjos), composição (moléculas, átomos, etc.) e mecanismos de interação (propriedades, ligações químicas, etc.), *Visualização* - sinais visuais estáticos e dinâmicos (de símbolos para ícones) desenvolvidos para facilitar o pensamento qualitativo e quantitativo e a comunicação sobre experiências e modelos em química. São os símbolos químicos, fórmulas, desenhos de partículas, equações matemáticas, gráficos, animações, simulações e modelos físicos usados para visualizar os componentes representacionais do modelo teórico.

Cada vértice desse triângulo também passa a ter duas instâncias a serem consideradas: dimensões e abrangências. A instância dimensões corresponde a três dimensões consideradas pelo autor como principais: composição / estrutura (átomos, moléculas e seus arranjos e dinâmicas), energia (termodinâmica) e tempo (cinética). Já na instância Abordagens, o autor destaca que a natureza do conhecimento químico é multi-tipo, multi-nível e multidimensional, o que resulta em diferentes abordagens no ensino da química. Para ele as principais abordagens são: matemática (equações, dedução de expressões, análises quantitativas, etc.), conceitual (compreensão idéias, teorização, etc.), contextual (contextualização de questões pessoais ou sociais relevantes, abordagens CTSA, resolução de problemas, etc.) e histórica (contexto histórico que possibilitou o desenvolvimento e evolução de conceitos e técnicas). Por fim, ele destaca que tantas outras dimensões e abrangências podem ser consideradas (como por exemplo, enfoques filosóficos ou tecnológicos) e a ênfase de um enfoque não anula os demais na mesma instância. É só uma questão de quais enfoques são mais pertinentes a cada conteúdo ou objetivo pretendido.

Em seu modelo Talanquer também explicita que na abordagem de um fenômeno químico, definindo-se o vértice, a dimensão e a abordagem a serem evidenciadas, é possível definir do nível de abstração a ser trabalhado. Ele propõe uma escala de níveis que vai do

macroscópico ao subatômico, e argumenta a possibilidade de trabalhar cada um dos níveis em qualquer uma das três formas de descreve a química, desde que se seja adequado ao nível educacional do aluno e se tenha os recursos necessários.

4.4 A Utilização de Recursos Didáticos Visuais no Ensino de Química

Na literatura é vasto o número de trabalhos e relatos que defendem a importância de atividades experimentais e práticas para a aprendizagem da química. Recentemente, mas não tão recente assim, outros meios têm sido apontados como proeminentes em favorecer a compreensão, domínio e apropriação de conceitos e procedimentos químicos, ensinados durante os anos de escolarização.

Muito desses novos meio tem sido denominado sem muita clareza e precisão, quanto à utilização do termo, de recursos visuais ou visualizações. Na literatura também encontramos outros termos, tais como: ferramentas visuais, representações visuais, modelos visuais, entres outros, que de uma forma ou de outra se referem ao uso de recursos didáticos visuais como meio mediacional no processo de ensino e aprendizagem.

Essa pluralidade de termos para expressar a mesma coisa, em parte se deve a própria natureza e variedade de recursos que compõem os meios visuais empregados nos ambientes de ensino. Moreno e Mayer (2007) apresentam que o uso de visualizações, é uma expressão que significa o uso de todo o tipo de representação não verbal com existência concreta ou virtual, em formato 1D, 2D ou 3D, ou seja, símbolos químicos, fórmulas químicas, representações estruturais, pictográficas, fotografias, imagens, modelos, simulações, animações, softwares interativos, etc. Trata-se de todo e qualquer recurso que tenha como principal atributo informar e comunicar, por vias visuais, estáticas ou não, manipuláveis ou não.

Gilbert, Reiner e Nakhleh (2008) trazem uma descrição mais detalhada apontam que as utilizações do termo visualização na literatura podem ser reunidas em dois grupos de acordo o significado atribuído: *Visualização como “verbo”* – visualizar algo, atuar mentalmente sobre uma representação visual (internas e externas) no sentido de incorporá-la a sua estrutura cognitiva, na forma de conhecimento. Neste processo de visualizar, são atribuídos significados à representação; *Visualização como “nome”* – algo que foi colocado à disposição de um público, na forma de um objeto material ou virtual. É um substantivo geral

para expressar um recurso, uma ferramenta didática que tem como principal atributo comunicar por vias visuais.

Num mesmo sentido, Gobert (2007) afirma que os três usos mais comuns do termo visualização na psicologia e na pesquisa educacional referem-se a três processos distintos: *Visualização como representações externas* – se refere às formas de representar algo com finalidade didática, como gráficos, diagramas, modelos matemáticos, modelos físicos, figuras, simulações, entre outros; *Visualização como representações internas* – são as imagens criadas na mente do sujeito, os construtos mentais internos ou modelos mentais que o sujeito elabora para interpretar algo e assimilar um fato, conceito ou procedimento, criando um modelo mental² *Visualização como habilidade espacial* – compreende a habilidade visuoespacial de lidar com informações. Ou seja, é atuar mentalmente sobre uma representação visual (interna ou externa) de modo a manipulá-la e transformá-la mentalmente.

De uma forma ou de outra, ao observar a literatura é inegável a importância da visualização para a aprendizagem da química. Se por um lado podemos compreender a visualização como uma capacidade metacognitiva, por outro, esta só é possível porque a formação de uma representação interna a partir de uma representação externa ocorre de tal forma que a natureza e as relações espaciais/temporais entre as entidades de cada uma das representações são mantidas (GILBERT, 2008). Desta forma, o que há em comum entre o ser representado, o recurso representante (visualização externa) e a representação que o sujeito faz (visualização interna) é a substancialidade, assim, diferentes recursos visuais podem ser empregados para representar um mesmo conceito ou entidade química, da mesma forma que um único recurso visual (por exemplo, um signo linguístico) pode ter diferentes significados, dependendo do contexto no qual foi empregado. Além do mais, como já nos reportamos no capítulo anterior, a química é uma ciência passível de ser discutida em três níveis de representação nos quais são enfatizados aspectos diferentes do conhecimento. Mediante esta natureza da química, fica evidente que utilização de um único recurso didático (visual ou não), por mais aprimorado que seja, é insuficiente para apresentar e discutir conceitos em aulas de química, principalmente na educação básica, onde os alunos não estão tão habituados a lidar com conceitos abstratos.

² Modelos mentais – representação interna que são análogos estruturais de objetos ou eventos que são espacial e temporalmente análogos a impressões sensoriais, mas que podem ser vistos de qualquer ângulo - e aí nos vêm imagens - e que, em geral, não retêm aspectos distintivos de uma dada instância de um objeto ou evento. Para saber mais, veja: JOHNSON-LAIRD, P.N. **Mental Models**. Cambridge, M.A.: Harvard University Press. 1983.

Mas, qual seria a vantagem de se utilizar essas ferramentas ou recursos visuais?

Para vários autores a visualização ocupa um papel central na pesquisa científica e no ensino de ciências, especialmente na química, pois é por meio delas que os alunos conseguem visualizar as interações na matéria que são invisíveis a olho nu e que resultam nos aspectos e alterações observáveis. Entretanto, a literatura tem reportado que as maiores dificuldades de compreensão e fontes de erros conceituais estão relacionadas à aspectos abstratos da química (nível submicroscópico) e a transição entre os níveis de representação desta ciência. E é justamente por esse motivo que os recursos visuais têm ganhado destaque nas pesquisas em ensino de química, sendo apontado como meio de atenuar estas dificuldades e promover aprendizagens mais efetivas.

Encontramos em Giordan e Góis (2005) uma definição bastante pontual sobre o papel da visualização na aprendizagem em Química: “[...] *a construção de conceitos está estreitamente relacionada ao formato visual com que os estudantes tiveram contato durante seu aprendizado*”. Assim, de acordo com esses autores a capacidade que o aluno tem de entender conceitos, processos e fenômenos químicos e a habilidade para mobilizá-los na resolução de um problema, está diretamente relacionada com os meios pelos quais esses conceitos, processos e fenômenos foram apresentados. Vale ressaltar que no caso da química, a aprendizagem é um processo sequencial, no qual normalmente, os alunos precisariam construir uma compreensão mais tangível (macroscópica) antes de partirem para compreensões mais complexas e abstratas (submicroscópicas), por exemplo, um aluno precisa construir primeiro uma compreensão da natureza particular da matéria e de seus estados físicos, para poder construir um modelo de compreensão mais complexo para a pressão de um gás ou de uma dissolução. Outro bom exemplo a ser observado é a evolução dos modelos atômicos.

Essa relação entre visualização e o ensino de química também foi apontada no estudo de Wu e Shah (2004), o qual demonstra uma correlação positiva entre o êxito no aprendizado da química e a melhora nas habilidades visuoespaciais dos alunos. Para esses autores, quando recursos visuais são utilizados corretamente nas aulas de química, os alunos desenvolvem habilidades visuoespaciais mais elevadas em comparação com aqueles que só tiveram contato com aulas exclusivamente textual (escrita ou oral) e isso implica em uma melhora na aprendizagem. No entanto, eles advertem que o uso inadequado das representações visuais no ensino da química pode levar os alunos a apresentarem erros conceituais graves em função do não entendimento ou do entendimento inadequado das representações visuais utilizadas.

Daqui pode-se facilmente concluir a importância de utilizar estas ferramentas visuais nas aulas de química, principalmente para promover nos alunos a compreensão e a transição entre as facetas da química, e a responsabilidade que o professor tem na escolha destes recursos e na forma como os introduz na sala de aula.

Para Chittleborough e Treagust (2007) muitos dos casos de dificuldades na aprendizagem da química provem de sua natureza, que apresenta tanto as características reais e visíveis do nível macroscópico quanto características reais, mas não tão visíveis, do nível submicroscópico. De acordo com os autores a compreensão de um fenômeno químico requer compreensão da dinâmica submicroscópica da matéria e de suas transformações, organizada sistematicamente na forma de modelos científicos, para explicar aspectos e fenômenos observados por meio dos sentidos, ou seja, macroscopicamente. Seria exatamente a impossibilidade de enxergar o não tão visível que torna o nível submicroscópico difícil de ser compreendido pelos estudantes, refletindo em modelos mentais pobres envolvendo a estrutura da matéria.

Esse entendimento acerca do pensamento químico também é defendida por outros autores (WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001; KOZMA; RUSSELL, 2007; FERREIRA, 2010), os quais evidenciam a necessidade da utilização de recursos de visualização para superar as dificuldades que os estudantes do ensino médio e superior têm na interpretação de fenômenos e transformações químicas em termos de modelos representacionais atualmente aceitos.

Kozma e Russell (2007) destacam que é através das representações que os químicos conseguem visualizar, discutir e compreender objetos e processos que não estão presentes ou não são visíveis numa dada situação. Naturalmente, no ensino de química, esse também deve ser uma dos objetivos de aprendizagem, fazer com que os estudantes se apropriem da maneira química de pensar. Sendo assim, as representações visuais seriam úteis para construir e comunicar conhecimento, e serviriam para encorajar os alunos a formularem e avaliarem hipóteses, construir argumentos e conclusões.

Ainda em relação ao aspecto abstrato da química, outros autores (SEDDON; ENIAIYUJU, 1986; SEDDON; SHUBBER, 1985; TUCKEY; SELVARATNAM, 1993), têm apontado que na abordagem de certos conteúdos, tais como estruturas de ressonância, estereoquímica e mecanismo de reações orgânicas, cujo enfoque se situa na necessidade em destacar a tridimensionalidade das estruturas e a movimentação de entidades químicas, o uso de recursos visuais auxilia os estudantes a terem uma visão tridimensional das estruturas e dos processos envolvidos, bem como auxiliam no desenvolvimento de habilidades que os

permitem efetuar determinadas operações mentais (rotação e reflexão mental, transição 2D para 3D e vice-versa). Neste contexto o recurso visual tem duas funções: a de representação visual externa e a de ferramenta didática para metacognição, nesse caso, metavisualização.

Considerando que as representações visuais fornecem um meio de tornar visíveis os fenômenos que não podem ser captados por nossa visão e que a efetividade destes recursos no ensino de química depende tanto da habilidade do professor em articulá-los e integrá-los em sua prática para explicar conceitos abstratos e complexos, quanto da habilidade dos estudantes em compreender tais explicações. Várias pesquisas, muito das quais já nos referimos neste trabalho (FERK et al., 2003; TASKER; DALTON, 2006; WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001; CHITTLEBOROUGH; TREAGUST, 2007; WU; SHAH, 2004), tem apresentado evidências de que o uso das visualizações ajuda os alunos a compreenderem a química submicroscópica e a efetuarem melhor as transições em os níveis de representação desta ciência. A introdução destas ferramentas didáticas nas aulas de química propicia aos estudantes elaborem significados nas várias dimensões da química, levando-os não apenas a reconhecê-los, mas também a compreendê-los e a incorporá-los a sua estrutura mental, ou seja, a aprenderem conceitos químicos pela construção de seus próprios modelos mentais.

Vasconcelos (2015) também compreende que os recursos visuais podem ser muito úteis no ensino da química. Em sua tese de doutorado ela argumenta que o objetivo da inserção de recursos visuais nas salas de aula se baseia na possibilidade de uma melhor compreensão da ciência química por parte dos alunos, principalmente em nível submicroscópico, além de permitir que estes transitem melhor entre as três dimensões do conhecimento químico. Essa autora sustenta seu argumento numa vasta literatura, que em linhas gerais destacam que:

- Os estudantes do ensino médio e superior apresentam dificuldades para interpretar fenômenos e transformações químicas em termos de modelos representacionais atualmente aceitos (citando GARNET; GARNET; HACKING, 1995);
- Os recursos visuais são importantes para auxiliar uma apresentação oral, por serem recursos que por meio do campo perceptivo visual atuam com estímulos mentais na formulação de representações internas (citando SCHMIDT; PAZIN FILHO, 2007);
- A utilização de recursos visuais supera a experimentação prática (nível macroscópico) para ensinar conceitos abstratos (nível submicroscópico);
- O uso adequado de vários meios de representação estimula a memória criativa, desenvolvendo habilidade de construção e reconstrução de modelos mentais, por meio

do reconhecimento das vantagens e limitações de cada modelo materializado no recurso visual;

- Os recursos visuais podem propiciar além da visualização, a manipulação de entidades químicas (átomos, moléculas, elétrons, etc.) no estudo de conteúdos que requerem uma compreensão em 3D, tais como ressonância e estereoquímica, isso pode desenvolver essa capacidade no aluno;
- Meios visuais favorecem o desenvolvimento conceitual e de habilidades visuais e argumentativas.

Para Vasconcelos (2015), na literatura reforça-se o paradigma de que a utilização de visualizações em situações estruturadas de ensino seja bastante produtiva para os estudantes se apropriarem das formas de pensamento químico. No entanto ela também adverte quanto ao uso simplório destes recursos (mera demonstração), a falta de domínio e incompreensão dos mesmos e de suas especificidades, por parte de muitos dos professores

Em relação ao quarto ponto levantado no trabalho de Vasconcelos (2015), vários autores (WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2001; CHITTLEBOROUGH; TREAGUST, 2007; KOZMA; RUSSELL, 2007; WU; SHAH, 2004) têm apontado que a articulação de múltiplos meio visuais pode ser mais eficiente em desenvolver nos estudantes uma compreensão mais ampla e sólida acerca dos conceitos e fenômenos químicos.

De acordo com Costa et. al. (2008) essa necessidade de integração entre os recursos utilizados se dá em função das limitações representacionais inerente à qualquer recurso didático. Para ele os recursos visuais normalmente acabam se restringindo a determinados aspectos dos conceitos e princípios estudados, exigindo dos estudantes habilidades visuoespaciais para visualizar aquilo que não está explícito na representação visual. Entretanto, segundo ele, os estudantes apresentam níveis de literacia visual diferentes, de modo que podem interpretar aquilo que vêem de diversas maneiras, muita das quais são equivocadas.

Neste sentido, a utilização coordenada de mais de uma ferramenta visual pode contemplar de forma mais abrangente o objeto de estudo em questão, abordando um número maior de aspectos, de forma a reduzindo as lacunas de compreensão e desenvolver nos estudantes uma visão ampla e integrada da química. Assim, contribuir no desenvolvimento de habilidades visuoespaciais de interpretação e de mobilização destas na resolução de problemas.

No que se refere à utilização de recursos visuais no ensino, Moreno e Mayer (2007) tem apontado que o número e os tipos de visualizações disponíveis aumentaram e seu acesso se tornou muito mais fácil. Para esses autores, em grande parte esta maior disponibilidade se deve aos avanços e popularização das TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação). Esses autores apontam que através das novas tecnologias, é possível comunicar por meio da combinação dos modos verbal e não verbal e criar ambientes de aprendizagem multimídia ou multimodal. Nestes ambientes, frequentemente se usam duas modalidades: auditiva e visual, de forma a complementar-se e exercendo maior eficiência e promover a formação de construtos metais, por parte do aluno, que preservem a substancialidade presente em ambos os modos. Trata-se de levar o aluno a perceber as similaridades existentes nos diferentes meios, e assim despertar em si a capacidade de elaborar e manipular mentalmente sua própria interpretação do fato ou conceito em questão. Moreno e Mayer (2007) ainda acrescentam que ao se combinar concomitantemente canais sonoros e visuais, os recursos de memória de trabalho são menos exigidos quando comparados à representação verbal escrita ou falada. Essa menor carga na memória de trabalho contribui para uma aprendizagem mais gradual e progressiva, reduzindo as chances de bloqueios na aprendizagem.

A relação entre TIC e recursos didáticos visuais tem sido bastante discutida na literatura. Webb (2010) aponta que em algumas salas de aula, os professores têm explorado novas estratégias de ensino, discutindo as ideias científicas e as suas implicações com a utilização de um variado leque de tecnologias, das quais algumas se enquadram como visualizações.

Em muitos trabalhos têm-se discutido a utilização de softwares, simuladores e animações nas estratégias de ensino da química, em outros a discussão se dá em torno da diversificação quanto ao uso de visualizações, se destacando que estes recursos têm atingido um maior número de professores. Toda via, Gilbert (2007) expõem que entre professores a associação do uso de tecnologia a recursos visuais se dá com maior frequência por meio de recursos tais como televisão, leitor de vídeo, computador e data show, denotando que muitos deles desconhecem ou não utilizam outros meios.

Em estudos realizados por outros autores (COPOLLO; HOUNSHELL, 1995; HARRISON; TREGUST, 1996) foi observado que os estudantes não têm preferência por um único tipo de recurso visual, recorrendo a diferentes tipos de modelos e sistemas simbólicos a depender a situação. No entanto, estes autores identificaram que os alunos têm uma forte tendência a selecionar representações de espaço preenchido em determinadas situações. Essa tendência pode ser compreendida se observamos que estas representações resguardam

características de objetos macroscópicos palpáveis, com os quais os estudantes estão mais habituados a lidar.

Este fato nos leva a levantar dois pontos cruciais na elaboração de estratégia para o ensino da química:

- Qualquer recurso visual pode ser adequado para fins de ensino, desde que se tenham as condições materiais e temporais necessários e que sejam coerentes ao contexto de sala de aula específico;
- Ao se utilizar mais de um recurso visual, estes devem ser utilizados de forma sequencial em termos de complexidade e especificidade. À medida que os conceitos vão sendo refinados, o aluno vai gradativamente progredindo de modo a garantir uma transição mais natural entre a lógica do pensamento cotidiano, utilizada para dar conta de situações do dia-a-dia (macroscopicamente) e a lógica da modelagem científica, transposta didaticamente para as salas de aula e utilizada na explicação de fenômenos naturais (microscopicamente).

De uma maneira ou de outra, a visualização (enquanto habilidade metacognitiva) é fundamental para o ensino de química. Vale ressaltar que não se trata apenas da capacidade perceptiva pela visão, mas da capacidade de manipular mentalmente representações visuais (internas e externas) obtidas seja, pela oralidade, visão ou tato. Assim no ensino da química para deficientes visuais, a visualização também é fundamental.

A multiplicidade de representações que são empregadas para investigar e difundir os fenômenos químicos condiciona a Química ser uma ciência visual, dada a natureza abstrata da mesma (WU; SHAH, 2004).

Considerando-se que grande parte dos conhecimentos químicos são construídos por meio da modelagem científica, Teruya et al. (2013) apontam que “aprender química significa aprender modelos científicos já estabelecidos e aprender a desenvolver novos modelos de natureza tanto quantitativa quanto qualitativa (GILBERT, 2008)”. Interpretando a citação de Justi e Gilbert (2002 apud TERUYA et al., 2013), “[...] a educação em química requer o aprendizado de modelos científicos [...]”, esses autores destacam que “a formação de representações mentais apropriadas, sem as quais os estudantes podem ter dificuldades de aprendizado”. Portanto, sempre que pensamos no ensino dessa ciência teremos a pretensão de modelar e representar seus fenômenos numa dimensão visível a fim de potencializar a aprendizagem.

Ancorados na literatura, entendemos a química como uma ciência visual, justamente por sua natureza abstrata e tentamos salientar os pressupostos que justificam a necessidade de

se utilizar recursos didáticos tem tenham como um de seus principais atributos comunicar por meio da visualização.

Neste entendimento, abre-se espaço para a utilização e produção de diversos recursos visuais e para criar ambientes e estratégias de ensino que permitem utilizar simultaneamente uma multiplicidade de representações. Tais estratégias expandem as possibilidades de aprendizado em química, pois têm um alto potencial para aumentar o envolvimento e comprometimento dos estudantes com sua própria aprendizagem, uma vez que os levam a questionar e comparar diferentes formas de representação de um mesmo fenômeno ou entidade química, propiciando-lhes identificar os princípios embutidos nas representações, e assim incentivá-los a construir sua própria interpretação. Nestas estratégias também percebe-se a possibilidade real de trazer à tona inúmeras problematizações por meio da discussão simultânea da química nos três níveis de representação (Macroscópico, Submicroscópico e Simbólico), contribuindo assim para o letramento científico de estudantes. Ou como diria Wu e Shah (2004): *“as formas de representação são múltiplas, e a não consideração de pelo menos algumas dessas formas se constituirá num entrave insuperável para a aprendizagem da Química”*.

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização do estudo

O presente trabalho consiste em uma pesquisa exploratória, do tipo levantamento bibliográfico de caráter quantitativo e qualitativo, e tem como proposta atender à necessidade de se identificar e sistematizar os estudos publicados em periódicos brasileiros de grande relevância, acerca da utilização e produção recursos visuais no ensino da química, no período entre 2010 e 2016. O trabalho também pretende averiguar se a utilização de tais recursos está em consonância com as tendências mundiais de formação científica para a cidadania.

4.2 Seleção de artigos para o estudo

Os critérios de seleção dos artigos foram adotados partindo das premissas de que, os títulos “devem dar a ideia a mais exata possível do conteúdo do setor que intitulam”; e que “os resumos, em princípio, facilitam a divulgação dos trabalhos produzidos na esfera acadêmica com mais abrangência”(SEVERINO, 1986).

Os artigos foram selecionados individualmente em quatro etapas:

1. Seleção por periódico e ano – em função da relevância na área da pesquisa educacional em química e da qualidade de suas publicações, foram escolhidos os seguintes periódicos: *Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências* (RBPEC), *Química Nova* (Quim. Nova) e *Química Nova na Escola* (QNEsc). Nestes periódicos, foram considerados artigos publicados entre 2010 e 2016, dada a inexistência de levantamentos a cerca do tema em questão neste intervalo de tempo;
2. Seleção por análise dos títulos e palavras-chave – nos periódicos e intervalo de tempo considerados na etapa 1, número a número, as publicações foram consultadas, identificando-se os artigos cujos títulos e palavras-chave sugerissem conteúdos relevantes para os objetivos desse estudo. Adicionalmente, empregou-se em cada artigo pré-selecionado, a busca pelos termos: ‘recursos visuais’, ‘visualização’, ‘modelos moleculares’;

3. Seleção por resumos – os resumos dos artigos selecionados na etapa 2 foram lidos para averiguar se realmente eram de interesse a proposta desse estudo. Os artigos nos quais foi constatado no resumo relação com o tema deste trabalho foram direcionados para uma última seleção quanto ao tipo de artigo.
4. Seleção por tipo de artigo – Os artigos resultantes da etapa 3, foram classificados de acordo com as seguintes categorias: ‘investigação’ (identificam-se uma pergunta e a condução da pesquisa para abordá-la), ‘metodologia de ensino’ (proposição de alternativas metodológicas com foco na visualização), ‘recurso didático’ (relatos de novos recursos didáticos, sem indicação de avaliação ou vinculação à investigação) e ‘revisão’. Nessa triagem, os artigos enquadrados nas categorias “metodologia de ensino” e “recurso didático” foram analisados como objetos de estudo deste trabalho.

4.3 Classificação e análise dos artigos selecionados

Entendendo-se que a pesquisa bibliográfica pode ser desenvolvida em diferentes etapas e de diferentes modos, qualquer tentativa de adotar um modelo para o desenvolvimento e análise de um levantamento bibliográfico será arbitrária (GIL, 2008).

Neste sentido, tendo em vista a divergência entre os diferentes modelos apresentado na literatura para esse tipo de estudo, os critérios para análise dos artigos foram definidos tendo como bases trabalhos de envergadura semelhante (SCHNETZLER, 2002; FRANCISCO; QUEIROZ, 2008; TERUYA et al., 2013).

Os artigos selecionados foram classificados e analisadas, quanto ao uso de recursos visuais, de acordo com as seguintes categorias de descritores:

1. Periódico e ano de publicação – em cada periódico, os artigos selecionados foram organizados e analisados de acordo com o ano de publicação.
2. Conceitos químicos – para facilitar o tratamento e interpretação dos dados, os inúmeros conceitos citados nos artigos foram reunidos em 7 grupos, de acordo com o número de ocorrência: ‘estrutura da matéria’ (ex.: ligação química, estrutura atômica, natureza particulada da matéria), ‘propriedades moleculares’ (ex.: interações intermoleculares, simetria, isomeria), ‘bioquímica’ (ex.: proteínas, ácidos nucleicos, transporte celular), ‘físico-química’ (ex.: equilíbrio químico, cinética, eletroquímica),

‘química geral’ (ex.: estequiometria, reações, substâncias simples e compostas), ‘técnicas de laboratório’ (ex.: cromatografia, titulação, separação de misturas) e ‘outros’ (conceitos de menor ocorrência);

3. Tipo de recurso visual – de acordo com tipo de recurso didático visual utilizado no trabalho, os artigos foram classificados e analisados nas seguintes categorias: ‘interativo’ (programa computacional que oferece ao usuário algum grau de interatividade), ‘modelo molecular físico’ (de qualquer material), ‘animação’ (vídeo com animação, sem interatividade, com possibilidades mínimas de controle, como tocar, pausar etc.), ‘ilustrativo em papel’ (ilustrações presentes em livro e qualquer outro material impresso), ‘ilustrativo eletrônico’ (ilustrações apresentadas em mídia eletrônica), ‘prática experimental visual’ (prática experimentação, em laboratório ou não, com reagentes convencionais ou do cotidiano, no qual os conceitos são estudados ou demonstrados por meio de aspectos visuais. Nesse grupo se enquadram experimentos de precipitação, mudança de cor, cristalização, entre outros) e ‘outros’ (reúne todos os demais meios de suporte diferentes dos citados).
4. Metodologia usada no contexto educacional – corresponde ao método de trabalho utilizado, no que diz respeito às estratégias de ensino empregadas. Inclui as categorias ‘trabalho em grupo’, ‘trabalho individual’, ‘aula expositiva’, ‘laboratório’, ‘grupo de discussão’, ‘outros’ (metodologias diferentes das citadas) e ‘não explicitado’ (metodologia não explicitada);
5. Metodologia de pesquisa educacional – refere-se ao método de pesquisa selecionado para atender aos objetivos da pesquisa. Abrange as categorias ‘análise comparativa de pré e pós-testes’, ‘questionário para coleta de dados a serem analisados de forma quantitativa’, ‘questionário para coleta de dados a serem analisados de forma qualitativa’, ‘avaliação tipo *likert*’, ‘análise de desenho’, ‘gravação em vídeo ou áudio’, ‘entrevistas livres, estruturadas ou semi-estruturadas’, ‘outros’ (metodologias diferentes das citadas) e ‘não explicitado’ (metodologia não explicitada).

Em cada um destes critérios de análise, os artigos podem ser enquadrados em mais de um descritor na mesma categoria (por exemplo, um estudo pode conter duas ou mais metodologias de pesquisa ou dois ou mais tipos de suporte didático). Assim, o número total de artigos classificados em uma categoria de descritor pode ser maior que o número total de artigos analisados.

Já a análise e classificação em relação ao letramento científico se deu em função da consideração, ou não, de competências e conhecimentos mínimos científicos que se desejaram alcançar em cada dos elementos pedagógicos utilizados nos estudos publicados. Os elementos pedagógicos consistem nos descritores 3 e 4, mencionados acima. Nesta etapa da análise, adotamos os conceitos mínimos apontados Schwartzman e Christophe (2009) como descritores:

6. Atitude científica – a capacidade de fazer inferências no mundo a partir de observações, superando a descrições já estabelecidas;
7. Trabalho em grupo – entendimento que o desenvolvimento do conhecimento é processo de diálogo constante entre as pessoas e destas com os dados e observações do mundo real;
8. Domínio conceitual específicos das diferentes disciplinas científicas – necessidade de conhecimento mínimo das principais características dos sistemas biológicos, físicos e sociais em que vivemos, em diferentes escalas e níveis de complexidade;
9. A ciência e a tecnologia como fenômeno social – entendimento da ciência e da tecnologia não como algo dado, mas como um produto social em constante construção e transformação, e que tem impacto importante, positivo ou negativo, na sociedade e na vida das pessoas, portanto deve ser visto de forma crítica e reflexiva.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Seleção dos artigos

Partindo-se dos critérios de seleção e análise adotados, realizamos a consulta aos periódicos indicados. Constatamos que muitos artigos pré-selecionados não evidenciam em seu título e palavra-chave a utilização de recursos didáticos visuais. Foi decidido então acrescentar aos termos de busca pré-estabelecidos (etapa 2 da seleção) os seguintes termos: Imagem, figura, ilustração, vídeo, filme, animação, modelo de bola e vareta, jogo, experimento, simulador, software. Com esse incremento nos termos de busca, obtivemos um número maior de trabalhos, dos quais, vários foram selecionados por meio da leitura do resumo.

Considerando que a química, enquanto componente curricular da educação básica está inserida no currículo do 9º ano do ensino fundamental e em todo o ensino médio (três anos para o ensino regular e quatro anos para os poucos casos de normal médio), encontramos em nossa consulta alguns artigos que relatam atividades desenvolvidas no 9º ano do ensino fundamental que se enquadram ao escopo deste trabalho. Optamos por incluí-los em nossa análise frente à compatibilidade dos conteúdos e abordagem desta série de ensino em relação à série subsequente, 1º ano do ensino médio.

É no 9º ano do ensino fundamental que os estudantes têm seu primeiro contato com a química, enquanto disciplina escolar. Sendo assim as dificuldades de interpretação e visualização dos fenômenos abordados em sala de aula são as mesmas (ou até maiores) que aquelas apresentadas por estudantes do nível médio. Esse fato reforça a necessidade de se considerar nas estratégias de ensino adotada pelo professor, recursos visuais que auxiliem esses estudantes no desenvolvimento da habilidade de contextualizar, materializar ideias, relacionar diferentes fenômenos a modelos explicativos.

Outra questão a ser pontuada é referente ao periódico Química Nova. Consideramos apenas as seções Educação e Revisão mediante constatação da existência de artigos que tratam de revisões bibliográficas acerca da visualização no ensino de química.

Feito estas ponderações, a tabela 1 apresenta um detalhamento em termos do número de artigos consultados e selecionados para o estudo em questão.

Tabela 1: Artigos por periódico e ano.

Periódicos	Artigos		
	No periódico	Pré-selecionados	Selecionados
QNEsc	271	94	69
2010	34	8	7
2011	32	6	5
2012	33	8	6
2013	35	16	11
2014	37	11	8
2015	55	24	19
2016	45	21	13
QN*	394	8	3
2010	33	0	0
2011	42	0	0
2012	62	0	0
2013	42	3	1
2014	65	1	0
2015	71	3	2
2016	79	1	0
RBPEC	209	9	3
2010	7	2	1
2011	30	1	0
2012	30	0	0
2013	29	2	2
2014	44	2	0
2015	30	2	0
2016	39	0	0
Total	874	111	75

* Foram considerados apenas as seção 'Revisão' e 'Ensino'. Fonte: Própria.

Com os critérios de seleção adotados, resultamos num total de 75 artigos selecionados. Um detalhamento desse montante é apresentado na tabela 2.

Tabela 2: Artigos selecionados por ano.

Periódicos	Ano de publicação							Total (periódico)
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
QNEsc	7	5	6	11	8	19	13	69
QN	0	0	0	1	0	2	0	3
RBPEC	1	0	0	2	0	0	0	3
Total (ano)	8	5	6	14	8	21	13	75

Fonte: Própria.

Na tabela 2, podemos observar que a maioria dos escritos selecionados é referente ao periódico Química Nova na Escola (QNEsc). Essa abundância se deve ao próprio perfil do periódico, que é voltado para a divulgação de estudos relativos ao ensino de química em nível médio. Vale ressaltar que alguns estudos relativos ao ensino de química em nível superior e ao ensino de biologia também foram encontrados.

Ainda em relação ao periódico QNEsc, é importante destacar que no ano de 2015 dois números extras foram publicados. Essas edições especiais foram publicadas para celebrarmos os 20 anos de QNEsc e são dedicadas ao XVII ENEQ, realizado em Ouro Preto (MG). O evento ocorreu na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) entre os dias 19 e 22 de agosto de 2014, sob a coordenação do Departamento de Química, com o tema: A integração entre pesquisa e escola abrindo possibilidades para um ensino de química melhor. Dos dezenove trabalhos selecionados na QNEsc no ano de 2015, três são das edições especiais.

Outro fato importante que se pode observar na tabela 2 é o crescente número de estudos que relatam o uso ou a produção de recursos visuais para o ensino da química. Mesmo que esse avanço não seja linear, apresentando inclusive alguns números menores quando comparados com o ano anterior, esse decréscimo não persistem por mais de um ano. Comparando-se o primeiro e o último ano de análise, chegamos a um percentual de aumento de 62,5%, um valor bem expressivo para um intervalo de apenas seis anos. Essa constatação

também foi verificada em estudos de natureza semelhante (SCHNETZLER, 2002; FRANCISCO; QUEIROZ, 2008; TERUYA et al., 2013) em décadas passadas.

Procedendo-se de acordo com a etapa 4 da metodologia de pesquisa, classificamos os artigos selecionados em categorias pré-estabelecidas, a saber: investigação, metodologia de ensino, recurso didático e revisão. Neste procedimento, algumas publicações se enquadraram em duas categorias, resultando em um número maior de artigos categorizados se comparado ao total de artigos selecionados. Nas tabelas 3, esses valores são apresentados por periódico.

Tabela 3: Classificação dos artigos selecionados por tipo de artigo.

Periódicos	Artigos Selecionados	Classificação por Categoria				Total (categorização)
		Investigação	Met. de Ensino	Rec. Didático	Revisão	
QNEsc	69	9	43	35	4	91
QN	3	0	0	3	0	3
RBPEC	3	1	1	1	0	3
Total	75	10	44	39	4	97

Fonte: Própria.

Essa categorização se deu em função do tipo de artigo e visa delimitar o corpo de análise aos objetivos desta pesquisa. Consideramos pertinentes a esse estudo, artigos classificados nas categorias Metodologia de Ensino e Recurso didático.

Analisando a tabela 3, pode-se perceber que a maioria dos estudos publicados é referente à categoria Metodologia de Ensino, ou seja, a práticas de ensino que consideram recursos visuais em seu desenvolvimento. Nesta categoria foram inclusos artigos que fazem menção desde um uso simplório de recursos didáticos visuais, como mera demonstração, até práticas docentes elaboradas que se utilizam destes recursos como contexto para uma problematização. Na categoria Recurso Didático encontramos o segundo maior montante de publicações, categoria essa que engloba publicações que relatam o desenvolvimento de recursos visuais, que seja como ferramenta utilizada na prática docente descrita na publicação, ou apenas como proposição de ferramenta didática, sem aplicação em sala de aula.

Esses resultados apresentados na tabela 3 são condizentes com a literatura: em âmbito nacional, com a análise apresentada por Francisco e Queiroz (2008), no que se refere ao fato

de que os trabalhos classificados como recurso didático e conteúdo-método foram os mais apresentados nas RASBQ no período de 1999 a 2006; em âmbito nacional e internacional, com os resultados apresentados por Teruya et al. (2013), a partir do qual pontua que os trabalhos que reportam o desenvolvimento e utilização de recursos visuais como ferramenta didática em metodologia de ensino, são os mais numerosos entre 2001 e 2010 em treze periódicos de grande prestígio.

Nas duas categorias apreciadas neste estudo chegamos a um total de 67 publicações, as quais foram analisadas e serão discutidas na seção 5.2. As tabelas 4 e 5 apresentam os respectivos quantitativos de artigos classificados nas categorias Metodologia de Ensino e Recurso Didático, detalhados por ano de publicação e periódico. As informações, tais como títulos, número e volume de cada trabalho analisado são encontradas no anexo A.

Tabela 4: Artigos selecionados na categoria Metodologia de Ensino.

Periódicos	Categoria Metodologia de Ensino							Total (periódico)
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
QNEsc	5	4	5	6	7	8	8	43
QN	0	0	0	0	0	0	0	0
RBPEC	0	0	0	1	0	0	0	1
Total (ano)	5	4	5	7	7	8	8	44

Fonte: Própria.

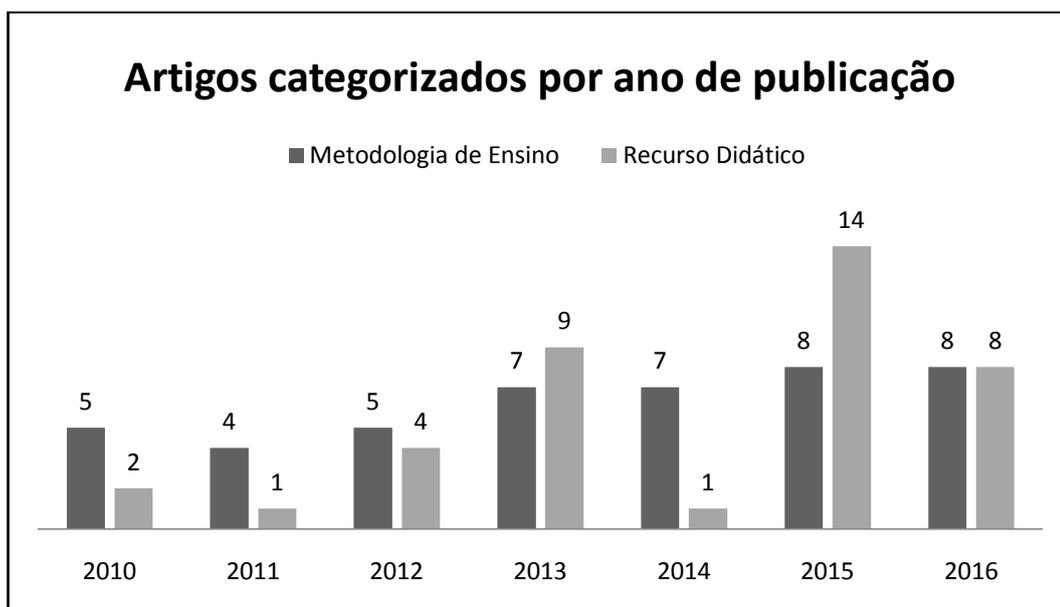
Tabela 5: Artigos selecionados na categoria Recurso Didático.

Periódicos	Categoria Recurso Didático							Total (periódico)
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
QNEsc	1	1	4	8	1	12	8	35
QN	0	0	0	1	0	2	0	3
RBPEC	1	0	0	0	0	0	0	1
Total (ano)	2	1	4	9	1	14	8	39

Fonte: Própria.

O reduzido número de publicações nos periódicos QN e RBPEC nos impede de traçar um perfil para cada periódico considerado neste estudo, quanto ao tipo e ao número de publicações ao longo dos anos. No entanto, os dados obtidos neste estudo nos permite inferir o quanto tem crescido o número de proposições e implementações dos recursos visuais nas aulas de química. Essa análise pode ser feita no gráfico 1.

Gráfico 1: Distribuição por ano dos artigos selecionados para análise.



Fonte: Própria.

Examinando o gráfico 1 pode-se nota um avanço expressivo no número de publicações em ambas as categorias no período analisado, para ser mais preciso: 60% para Metodologia de Ensino e 300% para Recurso Didático. Isso significa que os recursos visuais têm sido mais disponibilizados e utilizados. Apoiando-se em Moreno e Mayer (2007), podemos supor que em grande parte, deste resultado se deve aos avanços tecnológicos ocorridos nas ultimas décadas, principalmente nos últimos anos.

Estes autores pontuam que os avanços tecnológicos aumentaram a disponibilidade e principalmente o acesso a novas ferramentas de ensino, possibilitando inclusive, a conjugação de muitas destas. Essa afirmação se fundamenta quando nos remetemos ao cenário dos anos 90, em que ferramentas tecnológicas, para a divulgação de novos recursos didáticos e metodologias de ensino, tais como computador e internet, eram praticamente inacessíveis a

grande parte da população, inclusive a professores da educação básica. Hoje, pode-se encontrar com facilidade um número imenso de propostas de ensino adaptáveis a realidade do professor e de recursos visuais para ensino da química, sejam eles visuais (tais como, softwares simuladores, vídeos e animações) ou não (imagens, figuras, proposta de modelo molecular físico, entre outros), que podem ser utilizados. Entretanto, algumas pesquisas (VASCONCELOS, 2015; FERREIRA, 2010) têm apontado necessidade de formação docente para atuar com tais recursos.

5.2 Análise dos artigos considerados aptos aos objetivos do estudo

Ao final da seleção, resultamos num total de 67 artigos, dos quais 2 são referentes ao periódico RBPEC, 3 ao periódico QN e 62 ao QNEsc. Esses artigos foram classificados e analisados a partir de quatro classes de descritores pré-estabelecidas. Nos tópicos seguintes são apresentados os resultados e análise em cada uma dessas classes.

5.2.1 Conceitos Químicos

A classe de descritores Conceitos Químicos é composta por 7 grupos, de acordo com o número de ocorrência. Adotou-se essa estratégia mediante o grande número de conceitos abordados nas publicações analisadas. Os grupos de descritores são:

- Estrutura da matéria – engloba conceitos / conteúdos que explicam as características e propriedades da matéria. São alguns exemplos de conceitos enquadrados neste grupo: ligação química, estrutura atômica, natureza particulada da matéria, etc.
- Propriedades moleculares – este grupo comporta conceitos / conteúdos que remetem a propriedades com resultante de características moleculares. Neste grupo foram classificados artigos que abordam conceitos tais como interações intermoleculares, simetria molecular, isomeria, atividade óptica, entre outros.
- Bioquímica – são classificados artigos que apresenta funcionalidades biológicas de estruturas químicas. São alguns exemplos de conceitos / conteúdos que se enquadram neste grupo: proteínas, ácidos nucleicos, transporte celular, ligações peptídicas, aminoácidos, etc.

- Físico-química – comporta artigos que remetem a conceitos/conteúdos ou propriedades físico-químicas, tanto de substâncias orgânicas quanto de inorgânicas. Enquadram-se neste grupo artigos que tratam de equilíbrio químico, cinética, eletroquímica, termodinâmica, etc.
- Química geral – são classificados neste grupo artigos que abordam conceitos tais como: estequiometria, reações, substâncias simples e compostas.
- Técnicas de laboratório – este grupo remete a estratégia de ensino de técnicas de laboratório. Se classifica neste grupo artigo que apresentam conceitos de cromatografia, titulação, separação de misturas, medição de pH, etc.
- Outros – Neste grupo são classificados artigos que tratam de conceitos / conteúdos de menor ocorrência e que não se adequam a nenhum dos outros grupos.

Da mesma maneira que procedemos na categorização dos artigos, enquadrámos algumas publicações em dois ou mais grupos, resultando em um maior número classificações se comparado ao número total de publicações selecionadas. A tabela 6 apresenta a classificação dos artigos por grupo de descritores, em cada periódico.

Tabela 6: Classificação quanto aos conceitos químicos abordados.

Descritores	Periódicos			Total (grupo)
	QNEsc	QN	RBPEC	
Estrutura da matéria	11	1	2	14
Propriedades moleculares	25	1	0	26
Bioquímica	7	0	0	7
Físico-química	21	3	0	24
Química geral	16	1	2	19
Técnicas de laboratório	8	0	0	8
Outros	9	0	0	9
				107

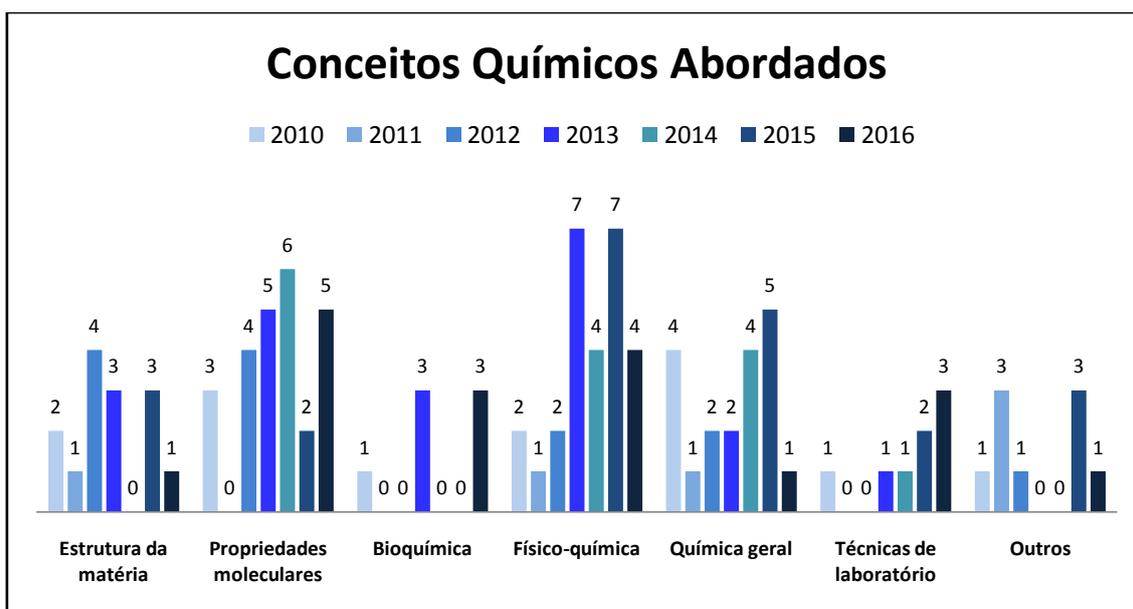
Fonte: Própria.

Ao examinar a tabela 6 observamos que os conceitos mais citados são referentes aos grupos propriedades moleculares e físico-química, seguidos de perto por química geral. Esse resultado, principalmente em relação aos grupos propriedades periódicas e química geral são pertinentes, pois englobam muitos conceitos abstratos, que fogem a lógica usual utilizada pelos anos na vida extra escolar, e que remetem ao uso de modelos explicativos que permitam o diálogo entre os fenômenos químicos e os modelos explicativos a nível atômico-molecular.

Levando em consideração esta ponderação, é pertinente que muitos estudos tenham buscado auxílio em recursos didáticos que possam ajudar os estudantes a superarem suas limitações.

Em estudo semelhante, na revisão da literatura realizada por Teruya et al., (2013) também foram encontrados valores semelhantes, o que demonstra que esses grupos de conceitos se constituem num tema de muito interesse entre pesquisados em ensino de química. Analisamos também quais conceitos químicos foram abordados no decorrer dos anos. Essa análise é apresentada no gráfico 2.

Gráfico 2: Variação dos conceitos químicos abordados em função do tempo.



Fonte: Própria.

Observando o gráfico 2, podemos perceber que apesar da variação irregular, ao longo dos anos há uma crescente tendência em se utilizar recursos de visualização como meio didático para o ensino.

Uma última ponderação a ser feita em relação aos resultados mostrados na tabela 6, diz respeito ao grupo estrutura da matéria. Embora não esteja entre os mais pontuados, praticamente todos os artigos classificados neste grupo (9 artigos), abordam a natureza particular da matéria. Mesmo sendo este conceito muito trabalhado nas escolas, muitos estudantes ainda não conseguem compreendê-lo e por não estabelecem relações apropriadas entre os níveis submicroscópico e o macroscópico (KOZMA e RUSSELL, 1997; GILLESPIE, 1997). Talvez por isso seja um conceito tão presente em abordagem que utilizam recursos visuais.

5.2.2 Recursos Visuais utilizados

Nessa classificação foram considerados apenas os recursos didáticos visuais utilizados nas estratégias de ensino e propostas de novos recursos que tenha apelo visual. Neste último caso, consideramos tanto artigos que apenas propuseram o recurso visual, como aqueles que além de propor, avaliaram o recurso por meio de implementação em sala de aula. Já no primeiro caso, os recursos didáticos que foram utilizados, mas que não tenham aspecto visual foram desconsiderados. As categorias de descritores recursos visuais são citadas abaixo.

- Interativo – nesta categoria foram classificados trabalhos que utilizam recursos eletrônicos que oferece ao usuário algum grau de interatividade. Incluem, simuladores computacionais, aplicativos para smartphone, jogos eletrônicos, entre outros.
- Modelo molecular físico – constitui o grupo de estudos que a modelação real ou virtual de estruturas químicas. Nessa categoria estão trabalhos que fazem uso de modelo de bola e palito (comercial ou produzido como materiais alternativos) e software de modelação molecular.
- Animação – inclui publicações que utilizam vídeo, tais como: animações, entrevistas, reportagens, filmes, entre outros. Vale ressaltar que estes recursos não oferecem interatividade, permitindo apenas mínimo controle, como tocar, pausar etc.

- Ilustrativo em papel – são reunidos nesta categoria, artigos que utilizam ilustrações estáticas. São exemplos: ilustrações presentes em livro, revistas, desenhos, gravuras, fotografias e qualquer outro material impresso.
- Ilustrativo eletrônico – agrupa os mesmos recursos descritos no item anterior, desde que seja não estejam em na forma impressa, ou seja, apresente-se em mídia eletrônica.
- Prática experimental visual – reúne trabalhos que utilizam práticas experimentais, nas quais os conceitos são estudados ou demonstrados por meio de aspectos visuais. Nesse grupo se enquadra experimentos de precipitação, mudança de cor, cristalização, entre outros.
- Outros – inclui artigos que utilizam qualquer outro tipo de suporte didático diferente dos citados nos itens anteriores.

Os resultados desta categorização estão organizados na tabela 7, em função do número de artigos contemplado em cada categoria de descritores.

Tabela 7: Classificação quanto ao tipo de recurso utilizado.

Descritores	Periódicos			Total
	QNEsc	QN	RBPEC	
Interativo	6	1	0	7
Modelo molecular físico	4	0	1	5
Animação	10	0	1	11
Ilustrativo papel	14	0	1	15
Ilustrativo eletrônico	7	0	0	7
Prática experimental	38	2	1	41
Outros	7	0	0	7
				109

Fonte: Própria.

Ao observar a tabela 7, pode-se constatar que a prática experimental é o recurso visual mais utilizado. Com grande vantagem em relação aos demais recursos, a experimentação é uma tendência nos artigos analisados sendo apresentada como uma proposta diferenciada, que

permite quebrar com o formato tradicional das aulas expositivas. No entanto, assim como pontua Silva, Machado e Tunes (2010), observa-se uma ingenuidade quanto aos propósitos deste recurso e uma fragilidade na relação da prática com a teoria. Com exceção de alguns poucos trabalhos, a atividade experimental foi utilizada para demonstrar e confirmar conceitos e fenômenos anteriormente estudados.

Deve-se destacar também que em vários trabalhos a prática experimental é apresentada como atividade investigativa, mais na descrição dos resultados fica claro que a mesma se consistiu apenas em aferir valores, constatar propriedades (visíveis) ou na preparação de um produto. Não se observa de fato, a experimentação como ponto crucial nessas intervenções de ensino ditas investigativas, inclusive os principais resultados em a relação ao experimento são a descrição do que ocorreu ou a motivação dos estudantes. Entretanto, um ponto positivo, e porque não dizer inovador, foi a constatação de trabalhos que relatam o desenvolvimento de práticas experimentais sem um roteiro fixo. Nestas práticas os estudantes são levados a revisar conceitos estudados e a explorar os materiais e equipamentos disponíveis para responder a uma questão ou conjunto de questões. Nesses trabalhos os estudantes, atuam em grupos, discutem ideias e testam hipóteses, denotando certo grau de curiosidade científica.

Ainda em relação à tabela 7, um ponto importante a ser discutido diz respeito aos valores encontrados para as categorias Interativo, Animações e Modelo Molecular Físico.

Como discutimos nos itens 3.3 e 3.4 deste trabalho, o entendimento de um fenômeno químico e de muitos conceitos inerentes a essa ciência requer a compreensão e domínio dos três aspectos da química (macroscópico, submicroscópico e simbólico), sem os quais podem ocorrer dificuldades de aprendizagem, equívocos e erros conceituais graves.

Assim, levando-se em consideração as limitações que estudantes secundaristas têm em visualizar os aspectos submicroscópicos, algumas estratégias descritas na literatura (WU; SHAH, 2004; WEBB, 2010) para atenuar essas dificuldades são a utilização de recursos visuais como vídeos, animações e simulações computacionais, e de recursos de modelagem molecular física e virtual.

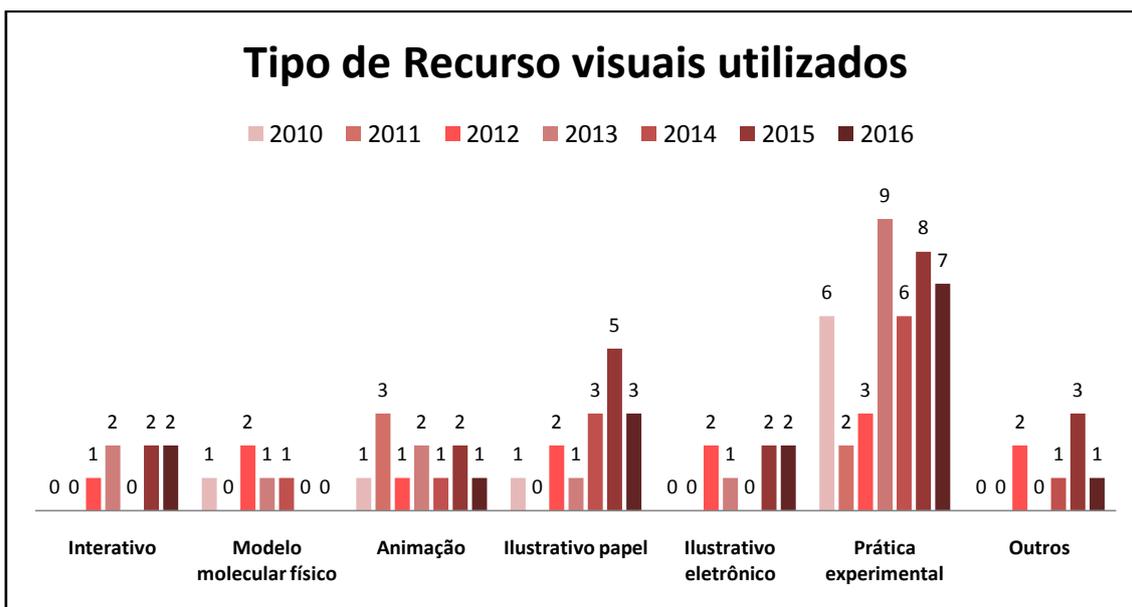
O interessante é que no nosso levantamento estes recursos foram justamente os que apresentaram pouca evidênciação. Mesmo considerando-se que vivemos em um mundo cada vez mais tecnológico e acessível, com muito material didático a dispor dos professores na internet, estes parecem desconhecer ou não saber utilizá-los, e por isso permanecem, com os recursos didáticos que dominam. Este fato tem sido abordado por vários estudos (VASCONCELOS, 2015; Gilbert, 2007) e que reflete a necessidade de mais atenção a formação inicial e continuada de professores.

Costa et. al. (2008), discorre que o problema não é apenas a pouca utilização destes recursos, mais o fato da experimentação, em quanto recurso visual, ser limitada a aspectos macroscópicos, o que implica na necessidade de utilizar outros meio para contemplar os aspectos submicroscópicos.

Em um mesmo sentido de compreensão Giordan e Góis (2005) expõem que a capacidade que o aluno tem de entender conceitos, processos e fenômenos químicos e a habilidade para mobilizá-los na resolução de um problema, está diretamente relacionada com os meios pelos quais esses conceitos, processos e fenômenos lhe foram apresentados, ou seja, se os recursos didáticos utilizados pelo professore são limitados a aspectos macroscópicos, os conhecimento construídos pelo aluno provavelmente será limitados a esse mesmo aspecto.

Assim como fizemos na análise dos conteúdos, realizamos uma sistematização do número de recursos visuais utilizados em função do ano de publicação do artigo. Esta sistematização é apresentada no gráfico 3.

Gráfico 3: Variação dos conceitos químicos abordados em tipo de recurso didático.



Fonte: Própria.

Explorando o gráfico 3, percebe-se que as categorias de descritores Ilustrativo papel e Prática experimental, foram as únicas que, embora irregulares, apresentaram aumento no número de trabalhos ao longo do período de tempo analisado.

Esse aumento reafirma os pontos levantados na discussão dos dados da tabela 7, a cerca da necessidade de diversificação no uso das ferramentas visuais e de utilização de outros meios capazes de evidenciar a submicroquímica. Esse aumento também põe em debate a necessidade de mais ênfase na formação dos professores de química no quesito didática e autonomia, de modo a proporcionar-lhes fontes e meios para buscar e experimentar novos meios didáticos e metodológicos capazes de contemplar a química em amplitude.

5.2.3 Metodologias Educacionais Utilizadas

Nesta classificação, buscamos compreender como os recursos didáticos visuais são utilizados nas propostas de ensino em que são empregados e como são organizadas as estratégias para inserir esses recursos nas aulas de química.

Os artigos foram classificados em sete categorias de metodologia educacional, as quais correspondem ao método de trabalho utilizado com os alunos. Essas categorias são descritas a seguir:

- Trabalho em grupo – reúne estudos que reportadas estratégias de ensino nas quais os estudantes realizaram atividades predominantemente na forma de grupos. Atividades coletivas, tais como exposição de conteúdo, exibição de filmes, palestras, etc. não foram consideradas, nesta classe.
- Trabalho individual – nessa categoria são agrupados artigos nos quais as atividades, tais como tarefas, trabalhos, estudos, leituras, entre outras, foram desenvolvidas por individualmente pelos estudantes.
- Aula expositiva – são classificados nesta categoria, publicações que relatam estratégias de ensino estruturadas predominantemente em atividades expositivas. São alguns exemplos: aula expositiva, seminários, palestras, demonstrações experimentais, etc.
- Laboratório – enquadram-se nesta categoria trabalhos com foco na atividade experimental, sejam elas desenvolvidas em laboratórios ou em ambientes alternativos.

- Grupo de discussão – os estudos organizados nesta categoria têm como foco o debate, a negociação de ideias, a formulação de hipótese e o trabalho cooperativo. Mesmo que outras atividades tenham sido desempenhadas, o principal neste trabalho é a construção coletiva de respostas.
- Outros – reúne as publicações que utilizaram metodologias diferentes das citadas.
- Não explicitado – concentra artigos que não mencionam ou não deixam claro a metodologia de trabalho empregada com os alunos. Nesta categoria se enquadra também as proposições de recursos didáticos não aplicados em sala de aula.

A tabela 8 apresenta o resultado desta classificação.

Tabela 8: Classificação quanto ao tipo de metodologia educacional utilizada.

Descritores	Periódicos			Total
	QNEsc	QN	RBPEC	
Trabalho em grupo	24	0	2	26
Trabalho individual	2	0	1	3
Aula expositiva	17	0	0	17
Laboratório	14	1	1	16
Grupo de discussão	12	0	1	13
Outros	8	0	0	8
Não explicitado	11	2	0	13
				96

Fonte: Própria.

Os resultados sistematizados na tabela acima indicam uma preferência dos professores em trabalharem como os alunos em grupo, mesclando com momentos de exposição oral. Vale lembrar que na maioria dos artigos analisados são utilizadas mais de uma metodologia de ensino, sendo alternado entre uma e outra dependendo das atividades desenvolvidas.

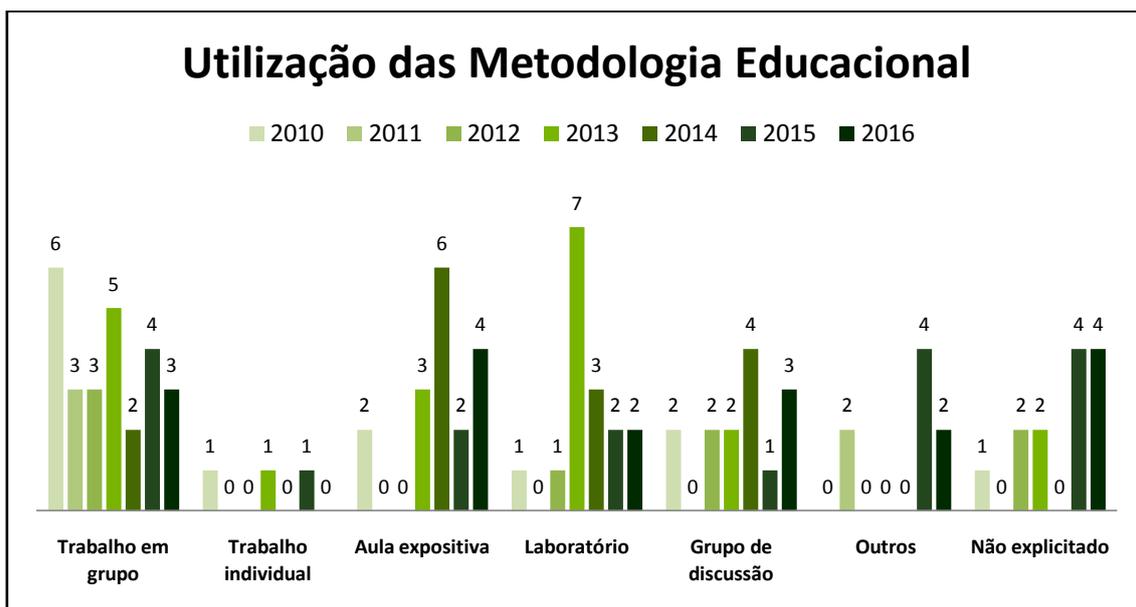
A categoria Laboratório aparece com um quantitativo até expressivo mediante o número de trabalhos que se utilizam do recurso prática experimental (não da estratégia de ensino por meio do experimento, que neste estudo, constitui a própria categoria Laboratório).

Já o valor da categoria Não Explicitado, é justificado pelo quantitativo de trabalhos que propõem a utilização de determinado recurso visual, sem aplicá-lo em sala de aula.

Analisando a tabela 8 percebe-se também uma intencionalidade em promover o aprendizado pela construção de conhecimento no coletivo, isso pode ser identificado pelos valores das categorias Trabalho em Grupo e Discussão em Grupo. Isso é bom porque ampliam o leque de possibilidades evidenciando as relações dos conceitos químicos trabalhados com o cotidiano extra escolar dos alunos. Numa perspectiva cognitivista de aprendizagem, essa interação, sujeito-sujeito-objeto é extremamente benéfica na construção e reconstrução de significados na estrutura cognitiva do aluno. Aliás, este é um dos conceitos mínimos apontados por Schwartzman e Chistophe (2009) para o Letramento científico.

A seguir, o gráfico 4 apresenta como as metodologias de ensino utilizadas nos artigos analisados variaram com o passar dos anos.

Gráfico 4: Variação das metodologias educacionais utilizadas em função do tempo.



Fonte: Própria.

Apesar do quantitativo elevando de trabalhos que utilização o trabalho em grupo como estratégia de ensino, no gráfico 4 fica evidente um decréscimo no número de artigos de utilizam essa estratégia de ensino no período analisado. Essa mesma tendência é observada a

partir de 2013 para a categoria Laboratório. Em contra partida as categorias Aula Expositiva e Não Explicitado apresentaram uma tendência (irregular) de aumento no número de trabalhos.

Confrontando esses dados com a leitura realizada dos artigos inferimos que vários trabalhos, mesmo descrevendo intervenções didáticas ou situações de ensino nas quais se utilizam recursos didáticos, não é apresentado um detalhamento de como essas atividades foram desenvolvidas, nem dão indícios que nos permita identificá-las.

5.2.4 As metodologias de Pesquisa Utilizadas

Na classificação quanto ao método de pesquisa, foi observado quais meios os pesquisadores usaram para atender aos objetivos da pesquisa. Levando-se em consideração que neste trabalho analisamos apenas os artigos enquadrados como Metodologia de Pesquisa e Recurso Didático, nos artigos analisados, as metodologias de pesquisa usadas para qualquer outro aspecto abordado diferente destes, foram desconsiderados. Essa classificação abrange as seguintes categorias de descritores:

- Análise comparativa de pré e pós-testes – consideramos nessa categoria artigos que utilizaram em sua coleta de dados questionários aplicados no início e no final da estratégia de ensino.
- Questionário quantitativo – para essa categoria foram escolhidos artigos que utilizaram na coleta de dados questionários a serem analisados de forma quantitativa.
- Questionário qualitativo – reúne trabalhos que utilizaram na coleta de dados questionários a serem analisados de forma qualitativa.
- Likert – Nessa categoria, foram classificados trabalhos que utilizam questionários fechados do tipo escala de resposta psicométrica.
- Análise de desenho – os artigos classificados nesta categoria utilizam desenhos, gravuras, tirinhas e qualquer outra ilustração feita pelos alunos como material de análise de aprendizagem.
- Gravação em vídeo ou áudio – Classifica-se nessa categoria artigos que analisaram o desempenho de estudantes mediante análise de vídeos ou áudios gravados na execução das atividades junto aos estudantes.
- Entrevistas livres, estruturadas ou semi-estruturadas – enquadram-se nessa categoria artigos que utilizaram a entrevista como meio de análise da aprendizagem.

- Outros – reúne as publicações que utilizaram metodologias diferentes das citadas.
- Não explicitado – concentra artigos que não mencionam ou não deixam claro a metodologia de pesquisa utilizada para obter os dados a serem analisados. Nesta categoria enquadram-se também as proposições de recursos didáticos não aplicados em sala de aula.

Os resultados quanto ao tipo de metodologia de pesquisa utilizada nos artigos analisados são descritos na tabela 9. Ressaltamos mais uma vez que em alguns artigos mais de uma estratégia foi utilizada, nesse caso metodologia de pesquisa.

Tabela 9: Classificação quanto ao tipo de metodologia de pesquisa utilizada.

Descritores	Periódicos			Total
	QNEsc	QN	RBPEC	
Pré e pós-teste	5	0	0	5
Questionário quantitativo	0	0	1	1
Questionário qualitativo	21	0	1	22
Likert	0	0	0	0
Análise de desenho	0	0	0	0
Gravação em vídeo ou áudio	4	0	1	5
Entrevista	0	0	0	0
Outros	24	0	1	25
Não explicitado	19	3	1	23
Total (periódico)	73	3	5	81

Fonte: Própria.

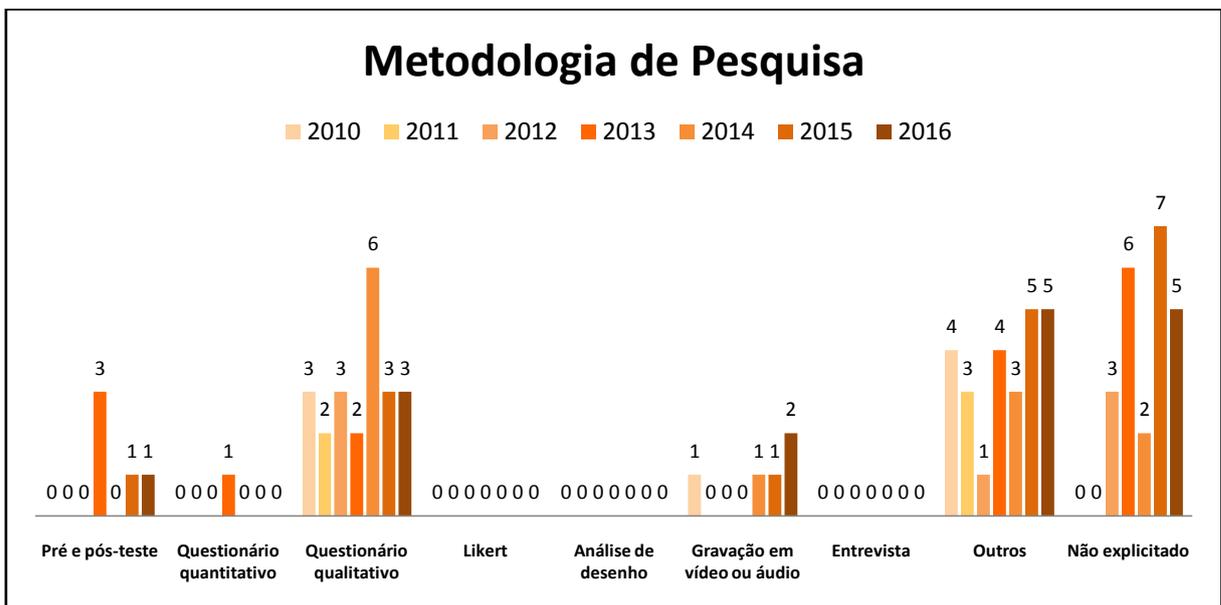
Ao examinar a tabela 9, pode-se perceber que praticamente todos os trabalhos utilizam questionário qualitativo e/ou outras metodologias diferentes das descritas. Percebe-se também que uma grande parcela dos trabalhos (23 artigos) não especifica qual a metodologia utilizada na coleta dos dados. Uma parte destes trabalhos consiste em proposições de estratégias de ensino ou recursos didáticos, sem aplicação destes em sala de aula. Por mais estranho que

pareça, no estudo realizado por Teruya et al. (2013) foi constatado um predomínio de trabalhos sem citação explícita da metodologia de pesquisa que emprega.

A outra parte, a exemplo do artigo Art.5, não evidenciam quais instrumentos utilizou para averiguar como as atividades desenvolvidas ou recursos didáticos favorecem a aprendizagem. Na análise dos artigos constatamos que uma grande parte destes avaliam a aprendizagem por meio a observação direta ou pela participação na aula, sem nenhum registro material escrito e sem nenhum critério, pelo menos não explícito na publicação, e por esse motivo foram alocados na categoria Outros.

Assim como fizemos nas outras classificações, analisamos também a utilização das metodologias de pesquisa em função do ano de publicação do artigo. Esses dados estão organizados no gráfico 5.

Gráfico 5: Variação das metodologias de pesquisa em função do tempo.



Fonte: Própria.

Por meio do gráfico 5 pode-se constatar que o número de trabalhos que utilizam questionários qualitativos além de ser expressivo e bem constante, demonstrando se uma metodologia de pesquisa que angaria muitos adeptos. Já o número de trabalhos na categoria Outros apresenta um crescimento quase imperceptível no período. No entanto, a categoria Não Explicitado é a única que apresenta uma tendência clara de ascensão. Esse fato indica

necessidade de estudos que busquem identificar o perfil do pesquisador brasileiro e compreender os motivos pelos quais as metodologias de pesquisa são ignoradas na apresentação de seus estudos.

Comparando-se os resultados apresentados na tabela acima, com os obtidos no estudo de Teruya et al. (2013), encontramos elementos que justificam essa afirmação. Os resultados obtidos por essa pesquisadora num levantamento em periódicos de grande impacto internacional no período de 2001 a 2010 apontam para uma diminuição da não explicitação da metodologia de pesquisa e do uso de metodologias de caráter quantitativo. A partir de seus resultados ela identifica uma tendência no aumento do número das pesquisas com metodologias mais qualitativas, que utilizam, por exemplo, entrevistas, desenhos e gravações em vídeo ou áudio. Algo que praticamente não encontramos nos periódicos analisados neste estudo.

5.3 Conceitos mínimos de Letramento Científico nos artigos analisados

Após a leitura, análise e categorização dos artigos quanto aos descritores mencionados no item 5.2, procedeu-se a análise quanto à consideração de princípios que caracterizam uma prática de ensino para o letramento científico. O letramento científico refere-se tanto à compreensão de conceitos científicos como à capacidade de aplicar esses conceitos e pensar sob uma perspectiva científica na atuação no meio em que se vive.

Como discutido no item 3.2, muitas definições e apontamentos são apresentados na literatura a respeito do que venha a ser o letramento científico, e de aspectos que caracterizam sua prática escolar. No entanto, Schwartzman e Christophe (2009) fazem uma bela descrição da origem do debate sobre a formação científica para a cidadania e do desenvolvimento de atividades que ao longo do tempo vem se configurado como estratégia de letramento científico, apontam que pode-se destacar quatro conceitos mais recorrentes e primordiais em trabalhos e projetos que abordam a educação científica, são eles:

- Atitude científica – a capacidade de fazer inferências no mundo a partir de observações, superando a descrições já estabelecidas;
- Trabalho em grupo – entendimento que o desenvolvimento do conhecimento é processo de diálogo constante entre as pessoas e destas com os dados e observações do mundo real;

- Domínio conceitual específicos das diferentes disciplinas científicas – necessidade de conhecimento mínimo das principais características dos sistemas biológicos, físicos e sociais em que vivemos, em diferentes escalas e níveis de complexidade;
- A ciência e a tecnologia como fenômeno social – entendimento da ciência e da tecnologia não como algo dado, mas como um produto social em constante construção e transformação, e que tem impacto importante, positivo ou negativo, na sociedade e na vida das pessoas, portanto deve ser visto de forma crítica e reflexiva.

Para análise, busca-se não apenas identificar a menção destes conceitos nos artigos analisados, mas averiguar se de fato estes foram empregados e estão inter-relacionados. Na tabela 10 é exposto o resultado desta análise. Enfatiza-se que foram considerados apenas artigos que realmente utilizam os conceitos mínimos como princípio para o letramento científico. Artigos que fazem apenas menção, sem de fato aplicá-los como essência nas práticas que descrevem foram desconsiderados.

Tabela 10: Classificação se atende aos conceitos básicos de letramento científico.

Conceitos mínimo para o Letramento Científico	Periódicos			Total
	QNEsc	QN	RBPEC	
Atitude científica	12	0	0	12
Trabalho em grupo	15	0	0	15
Domínio Conceitual	59	3	2	64
Ciência e tec. como f. social	12	0	0	12
				103

Fonte: Própria.

Ao observar a tabela 10 o primeiro fato que chama atenção é o número de artigos de classificados na categoria Domínio Conceitual. Das 67 publicações, apenas 3 não tiveram como foco o aprimoramento no domínio de conceitos.

Para as demais categorias, o número de artigos foram praticamente o mesmo, com uma leve vantagem na categoria Trabalho em Grupo. Nesta categoria foram considerados trabalhos que primam pela construção de conhecimentos pelo diálogo, pelo compartilhamento

e discussão de ideias e principalmente pelas interações interpessoais. Dos treze trabalhos classificados no item 5.2.3 quanto ao tipo de metodologias educacionais Discussão em Grupo nove levam em consideração (alguns implicitamente) o conceito de trabalho em grupo numa visão construtivista interacionista compatível com o Letramento Científico.

Quanto às categorias Atitude Científica e Ciência e Tecnologia como Função Social, observa-se que ambas foram consideradas em uma mesma quantidade de trabalhos, embora não necessariamente no mesmo artigo.

Na categoria Atitude Científica, a exemplo do artigo Art.22, os trabalhos relatam experiências em sala de aula que buscam desenvolver nos alunos competências, tais como: Identificar questões científicas, Utilizar evidências científicas, Explicar fenômenos cientificamente, Compreender a linguagem própria da ciência e Comunicar cientificamente fatos e resultados obtidos. Espera-se que ao final de um processo formativo, os estudantes tenham desenvolvido pelo menos níveis moderados destas habilidades.

Os artigos considerados na categoria Ciência e Tecnologia como Função Social abordam temas de grande relevância social, trabalhando-os como contexto para abordar conceitos químicos. A exemplo nos artigos A31 e A37, os trabalhos não apenas contextualizam o ensino da química, mas enfatizam como os problemas de ordem social, econômica, ambiental e tecnológica interferem na construção da ciência e como os avanços científicos pode contribuir para atenuar problemas de contexto local e mundial.

Após todo o processo de análise e tabulação dos dados, chega-se a um resultado interessante. Somente cinco dos 67 artigos analisados contemplaram os quatro conceitos mínimos para o Letramento Científico.

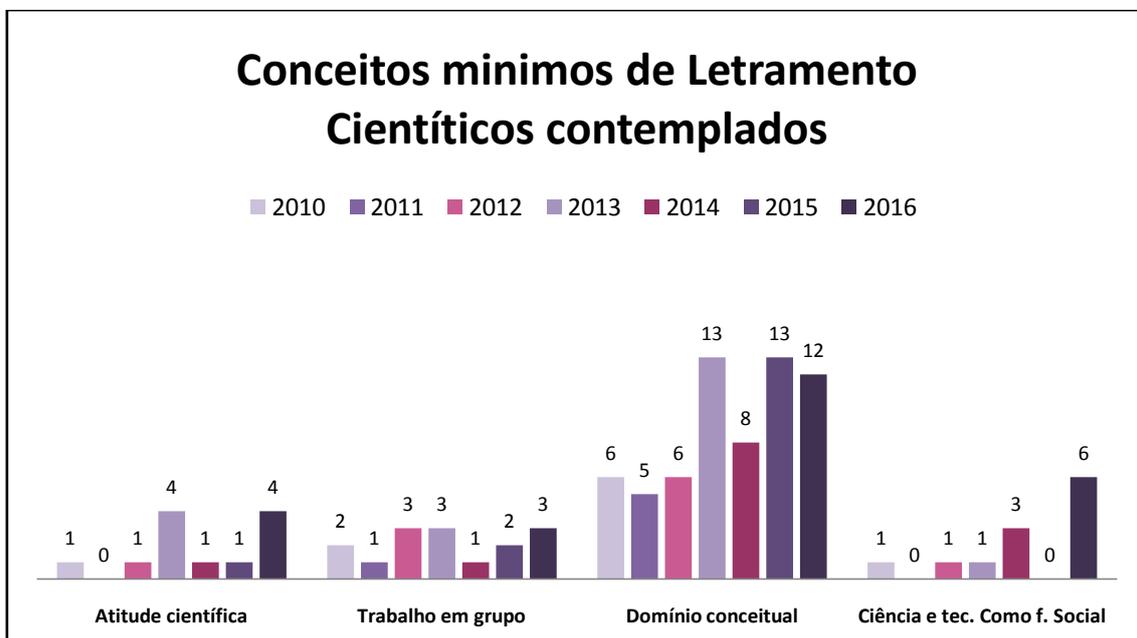
Se isso por si só já é suficiente para despertar um alerta quanto ao tipo de educação que tem sido proporcionada aos jovens, mas talvez o dado mais alarmante deste estudo seja constatar que aproximadamente 60% dos artigos analisados relatam experiências em sala de aula ou propõem recursos didáticos (neste caso, visuais) que têm como foco principal apenas o domínio conceitual. Esse fato vai contra as tendências mundiais apontadas pela literatura, inclusive pelos próprios resultados e recomendações do PISA. Também aponta que a legislação educacional brasileira (BRASIL, 2002, 2006 e 2013) não tem garantido subsídios suficientes para formar cidadãos críticos e conscientes.

Na tabela 11 pode ser consultado um detalhamento quanto ao número de artigos que consideram os conceitos mínimos para o letramento científico. Adicionalmente realiza-se um levantamento quanto à ocorrência dos conceitos mínimos para o letramento científico em função do ano de publicação do periódico. Esse levantamento é apresentado no gráfico 6.

Tabela 11: quantidade de conceitos mínimos para o letramento científico considerados em cada artigo.

Conceitos por artigo	Número de Artigos por Periódico			Total (quantidade)
	QNEsc	QN	RBPEC	
Um	35	3	2	40
Dois	16	-	-	16
Três	6	-	-	6
Quatro	5	-	-	5
Total (por periódico)	62	3	2	67

Fonte: Própria.

Gráfico 6: Variação dos conceitos mínimos de letramento científico.

Fonte: Própria.

O gráfico 6 também mostra uma tendência crescente em se enfatizar o domínio conceitual durante o período de tempo analisado. Na categoria Ciência e Tecnologia como Função Social também é constatada uma tendência crescente, isso em grande parte se deve ao aumento de trabalhos que contextualizam ou abordam o ensino por meio de temas socioambientais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo buscando entender como a literatura da pesquisa educacional relata a utilização de recursos visuais no ensino da química e se a utilização destes recursos tem contribuído para uma potencial promoção do letramento científico de estudantes da educação.

Para isso realizou-se o presente levantamento bibliográfico que, a partir de delimitadores chegou-se a um quantitativo de 67 artigos adequados aos objetivos deste estudo, dentre as 874 publicações existentes nos periódicos e intervalo de tempo utilizado considerado. Esse valor corresponde 7,7% do total de publicação, número este considerando modesto frente importância destes recursos para o ensino desta ciência.

Nesse cociente de publicações encontra-se quantidades semelhantes de artigos que reportam o uso da visualização como instrumento em Metodologias de Ensino e como proposta de Recurso Didático.

Descobrimos que os conceitos mais utilizados são aqueles relacionados com Propriedades Moleculares e Físico-Química, e que em suas abordagens se utilizam majoritariamente a práticas experimentais. Tanto para esse os conceitos como para esses os recursos, foi constatado uma tendência crescente de utilização no ensino. Independente dos conceitos abordados, a prática experimental é um excelente recurso que pode favorecer não apenas o domínio conceitual, mas também a curiosidade, o gosto pela ciência e o desenvolvimento de atitudes científicas. No entanto, com poucas exceções, a experimentação foi utilizada como mero instrumento ilustrativo ou meio para obtenção de respostas diretas. Além do mais esse instrumento, enquanto recurso visual é limitado a abordar fenômenos químicos em nível macroscópicos, mesmo que sua explicação se dê em nível microscópico. Foi notada ausência de outros meios visuais capazes de discutir a química em nível submicroscópico e ajudar os estudantes a adquirirem habilidades de visualização, inclusive, estes meios visuais foram os menos utilizados. Estas constatações vão de encontro aos princípios do letramento científico, pois além de não propiciarem ao estudante o domínio da química em nível, macroscópico, submicroscópico e simbólico, cria uma visão simplista da ciência e da atividade científica.

Na maioria dos trabalhos analisados se utiliza como metodologia educacional a realização de atividades em grupo com momentos de aulas expositivas e de realização de experimentos. Percebe-se uma intencionalidade em propiciar a aprendizagem por meio da cooperação e do compartilhamento de experiências e ideias, o que pode favorecer o

letramento científico. No entanto os resultados deste estudo apontam para um uso ainda reduzido de estratégias de ensino numa perspectiva construtivista interacionista. Mesmo sendo a categoria de metodologia de ensino mais utilizada, o trabalho em grupo aparece em apenas 26 artigos e a estratégia de ensino por grupo de discussão, em apenas 13.

Por fim, constamos nas estratégias de ensino que utilizam a visualização para explorar a química e nas proposições de recursos didáticas visuais uma tendência crescente em se favorecer o domínio conceitual em detrimento dos demais conceitos mínimos para o Letramento Científico apontado por Schwartzman e Christophe (2009).

A afirmação feita por esses autores de que o Brasil não tem uma tradição importante e consistente de educação em ciências parece ainda bem vigente e os resultados obtidos nesse estudo corroboram com a declaração de Crestana et al. (1998 apud SCHWARTZMAN; CHRISTOPHE, 2009) de que em nosso país as experiências com educação em ciência e científica datam pelo menos da década de 50, mas que estas têm sido experiências parciais, não abrangendo um grande número de indivíduos.

REFERENCIAS

- ARAÚJO, D. X. D.; SILVA, R. R.; TUNES, E. O conceito de substância em química apreendido por alunos do ensino médio. **Química Nova**, v. 18, n. 1, p. 80-90, 1995.
- AULER, D. Alfabetização Científico-Tecnológica: Um Novo “Paradigma”?, **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v.5, n.1, p.68-83, 2003.
- AULER, D; DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico-Tecnológica Para Quê?, **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v.3, n.1, p.122-134, 2001.
- ACEVEDO, J. A. Proyecto Rose: relevancia de la educación científica. **Revista Eureka**, v.2, p. 440-447, 2005.
- BEN-ZVI, R.; EYLON, B.; SILBERSTEIN, J. Student’s visualization of a chemical reaction. **Education in Chemistry**, v. 24, n. 4, p. 117-120, 1987.
- BRADLEY, J. D.; BRAND, M. Stamping Out Misconceptions. **Journal of Chemical Education**, v. 62, n. 4, p. 318, 1985.
- BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCNs+ ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002. 144p.
- _____. Secretária de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEB, 2006. 135 p. (Orientações curriculares para o ensino médio; volume 2).
- _____. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Conselho Nacional da Educação. Câmara Nacional de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília: MEC, SEB, DCEI, 2013. 542 p.
- CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M., **Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências**, Edição do Instituto de Inovação Educacional. Lisboa: Ministério da Educação. 2002. 350 p.
- CHASSOT, A. I. **A Educação no Ensino de Química**. Rio Grande do Sul: Inijuí, 1990.

_____. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação.** Ijuí Rio Grande do Sul: Inijuí, 2000.

_____. **Pra que(m) é útil o ensino?** 3 ed. Ijuí: Unijuí, 2014

CHITTLEBOROUGH, G.; TREAGUST, D. F. The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. **Chemistry Education Research and Practice**, v 8, n. 3, p. 274-292, 2007.

COPOLO, C.F.; HOUNSHELL, P.B. Using three-dimensional models to teach molecular structures in high school chemistry. **Journal of Science Education and Technology**, v. 4, n. 4, p. 295-305, 1995.

COSTA, M.J. ; GALEMBECK, EDUARDO ; MARSON, G.A. ; TORRES, B.B. A Quick Guide for Computer-Assisted Instruction in Computational Biology and Bioinformatics. **PLoS Computational Biology**, v. 4, p. e1000035, 2008.

DARSIE, M. M. P. 24 - Perspectivas epistemológicas e suas implicações no processo de ensino e de aprendizagem. **Uniciências**, v. 3, n.1, p. 9-21, 1999.

DRIVER, R. Um enfoque construtivista para el desarrollo del currículo en ciencias. **Enseñanza de la Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 109-120, 1988.

FERREIRA, C. R. **O uso de visualizações no ensino de Química: a formação inicial do professor de Química.** 179f. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.

FERK, V.; VRTACNIK, M.; BLEJEC, A.; GIRL, A. Pupils' understanding of molecular structure representations. **International Journal of Science Education**, v 25, n. 10, p.1227-1245, 2003.

FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias.** 1^a ed. 3^a reimp. Buenos Aires: Colihue, 2005.

FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L.A produção do conhecimento sobre o ensino de química nas reuniões anuais da Sociedade Brasileira de Química: uma revisão. **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 2100-2010, 2008.

FREIRE, P. **Educação e Mudança.** 12. Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

GALAGOVSKY, L.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Modelos e analogias en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico e analógico. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 19, n. 2, p. 231-242, 2001.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. Stretching models too far. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN EDUCATIONAL RESEARCH ASSOCIATION, 1995. San Francisco. **Anais...** San Francisco: April, 1995. p. 22-26.

GILBERT, J. K.; REINER, M.; NAKHLEH, M. Introduction. In J. K. Gilbert, M. Reiner, M. Nakhleh (Eds.). **Visualization: Theory and Practice in Science Education**. Springer, p.1-2. 2008.

GILBERT, J. K. Visualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education. In J. K. Gilbert, M. Reiner e M. Nakhleh (Eds.). **Visualization: Theory and Practice in Science Education**. Springer, p. 3-24, 2008.

_____. Endpiece: research and development on visualization Science in Education. In John K. Gilbert (Eds.) **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, p. 333-335, 2007.

GILLESPIE, R.G. Commentary: Reforming the General Chemistry Textbook. **Journal of Chemical Education**. v. 74, n. 5, p. 484, 1997.

GIORDAN, M.; GÓIS, J. Telemática educacional e ensino de Química: considerações sobre um construtor de objetos moleculares. **Linhas Críticas**, Brasília, v. 11, n. 21, p. 285-301, 2005.

GIUSTA, A. Concepções de aprendizagem e práticas pedagógicas. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 29, n. 1, p. 17-36, 2013.

GOBERT, J. D. Leveraging Technology and Cognitive Theory on Visualization to Promote Pupils' Science Learning and Literacy. In J. K. Gilbert (ed.). **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, p.73-90, 2007.

GOMES, V. B. **Divulgação Científica na Formação Inicial de Professores de Química**. 2012. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília (UnB), Brasília.

HARRISSON, A.G.; TREAGUST, D.F. Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. **Science Education**. v. 80, n. 5, p. 509-534, 1996.

HURD, P. D. Scientific literacy: New minds for a changing world. **Science Education**, v. 82, n. 2, p. 407-416. 1998.

JOHNSTONE, A. H. Teaching of chemistry: logical or psychological?. **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000.

_____. You Can't Get There from Here. **Journal of Chemical Education**, v. 87, n. 1, p. 22-29, 2009.

KERMEN, I.; MÉHEUT, M. Different models used to interpret chemical changes: analysis of a curriculum and its impact on French students' reasoning. **Chem. Educ. Res. Pract.**, v. 10, p. 24-34, 2009.

KOZMA, R.; RUSSELL, J. Pupils Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. K. Gilbert (ed.) **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, p.121-146, 2007.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de ciências e cidadania**. São Paulo: Moderna, 2004.

LOPES, C. V. M.; DEL PINTO, J. C. Uma proposta para o ensino de química construída na realidade de escola. **Espaço da Escola**, v. 4, p. 43-54, 1997.

MAHAFFY, P. The Future shape of chemistry education. **Chemistry Education: Research and Practice**, v.5, n.3, p. 229-245, 2004.

MELO, M. S. **A transição entre os níveis - macroscópico, submicroscópico e representacional: uma proposta metodológica**. 2015. 134f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências). Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2. Ed. Ampl. São Paulo: EPU, 2011.

MORENO, R; MAYER, R. Interactive Multimodal Learning Environments. **Educational Psychology Review**, v 19, p. 309-326, 2007.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, p. 273-283, 2000.

MORTIMER, E. F. Conceptual change or Conceptual Profile change? **Science & Education**, v. 4, p. 267-285, 1995.

_____. Para além das fronteiras da química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de química. **Química Nova**, v.20, n.2, p.200-207, 1997.

MOURA, A.M.M.; AZEVEDO, A. M. P.; MEHLECKE, Q. - As Teorias de Aprendizagem e os Recursos da Internet Auxiliando o Professor na Construção do Conhecimento. in: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA, 17., 2011, Manaus. **Anais eletrônicos...** Manaus: ABED, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. National science education Standards. Washington, DC: National Academy Press. 1995.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. The Influence of Testing on Teaching Math and Science. in Grades 4-12: Report of a Study. Chestnut Hill, MA: Center for the Study of Testing, Evaluation, and Educational Policy. 1992.

NEVES, R. A. DAMIANI, M. F. Vygotsky e as teorias da aprendizagem. **UNirevista**, Pelotas. v. 1, n. 2, p.1-10, 2006.

OECD. PISA 2006. **Science Competencies for Tomorrow's World**. Volume I. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development. 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264051669-pt>>.

_____. PISA 2015. Results (Volume I): **Excellence and Equity in Education**. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264266490-en>>.

QUEIROZ, E. M. Teorias de Aprendizagem. **Uninove**, 2008.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: Compromisso com a cidadania**. Ijuí, Editora da UNIJUÍ, 1997.

SANTOS, W. L. P. Letramento em química, educação planetária e inclusão social. **Química Nova**, v. 29, p. 611-620, 2006.

_____. Contextualização no Ensino de Ciências por meio de Temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. especial, 2007.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v. 25, Supl. 1, p. 14-24, 2002.

_____. **Alternativas didáticas para a formação docente em Química**. In: DALBEN, A. D., J; LEAL, L. E SANTOS, L. (Org.) Coleção Didática e Prática de Ensino. 1 ed. Belo Horizonte: Autêntica. p. 149-166, 2010.

SCHWARTZMAN, S.; CHRISTOPHE, M. A educação em ciências no Brasil. **Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro. 2009. Disponível em:<<http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-210.pdf>>. Acesso em 2 de maio de 2016.

SEDDON, G. M.; ENIAIYUJU, P.A. The understanding of pictorial depth cues, and the ability to visualize the rotation of three-dimensional structures in diagrams. **Research in Science and Technological Education**, v 4, n. 1, p.29-37, 1986.

SEDDON, G. M.; SHUBBER, K. E. Learning the visualization of three-dimensional spatial relationships in diagrams at different ages in Bahrain. **Research in Science and Technological Education**, v 3, n. 2, p.97-108, 1985.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Cortez & Moraes, 1986.

SILVA, R.R., MACHADO, P.F.L.; TUNES, E. **Experimentar sem medo de errar**. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A. (Org.). Ensino de química em foco. Ijuí: Unijuí, p. 51-75, 2010.

SIRHAN, G. Learning Difficulties in Chemistry: An Overview. **Journal of Turkish science education**, v. 4, n. 2, p. 2-20, 2007.

TABER, K. S. **Chemical Misconceptions: Prevention, diagnosis and cure: Theoretical background**, Volume 1. London: Royal Society of Chemistry, 2002. 180 p.

TALANQUER, V. Macro, Submicro, and Symbolic? The Many Faces of the Chemistry Triplet. **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 2, p. 179-195, 2011.

TASKER, R.; DALTON, R. Research into practice: visualization of the molecular world using animations. **Chemistry Education Research and Practice**, v 7, n. 2, p.141-159, 2006.

TERUYA, L. C.; MARSON, G. A.; FERREIRA, C. R.; ARROIO, A. Visualização no ensino de química: apontamentos para a pesquisa e desenvolvimento de Recursos educacionais. **Química Nova**, v. 36, n. 4, p. 561-569, 2013.

TREAGUST, D.F.; CHITTLEBOROUGH, G.; MAMIALA, T.L. The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. **International Journal of Science Education**, v.25, n. 11, p. 1353-1368, 2003.

TUCKEY, H.; SELVARATNAM Studies involving three-dimensional visualization skills in chemistry. **Studies in Science Education**, v 21, p. 99-121, 1993.

UNESCO. When learning science becomes child's play. **A World of Science**, v.3, n. 3. 2005.

VASCONCELOS, F. C. G. C. **A formação de professores de química: o uso dos recursos visuais para o desenvolvimento da autonomia**. 2015. 652f. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo. 2015.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n 2, p. 275-290, 2011.

WEEB, M. E. Technology-mediated learning. In Osborne, J. and Dillon, J. (eds.) **Good Practice in Science Teaching – What research has to say**. Maidenhead: Open University Press, p. 158-182, 2010.

WU, H.; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, J. Promoting understanding of chemical representations: pupils' use of a visualization tool in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, v 38, n. 7, p. 821-842, 2001.

WU, H.; SHAH, P. Exploring Visuospatial Thinking in Chemistry Learning. **Science Education**, v 88, p. 465-492, 2004.

ANEXO A – Relação dos artigos analisadas

Artigo	Ano	Vol.	Núm.	Pág.	Título
<i>Química Nova na Escola – QNEsc</i>					
Art.1	2010	32	1	53	Atividades Experimentais Simples Envolvendo Adsorção sobre Carvão
Art.2	2010	32	2	90	Cana de Mel, Sabor de Fel – Capitania de Pernambuco: Uma Intervenção Pedagógica com Caráter Multi e Interdisciplinar
Art.3	2010	32	2	101	Ensino Experimental de Química: Uma Abordagem Investigativa Contextualizada
Art.4	2010	32	3	151	O Saber Popular nas Aulas de Química: Relato de Experiência Envolvendo a Produção do Vinho de Laranja e sua Interpretação no Ensino Médio
Art.5	2010	32	3	176	Contextualização do Ensino de Química em uma Escola Militar
Art.6	2010	32	3	200	A Estratégia “Laboratório Aberto” para a Construção do Conceito de Temperatura de Ebulição e a Manifestação de Habilidades Cognitivas
Art.7	2011	33	1	19	Ciência e Tecnologia na Escola: Desenvolvendo Cidadania por meio do Projeto “Biogás – Energia Renovável para o Futuro”
Art.8	2011	33	1	25	As fotonovelas no ensino de química
Art.9	2011	33	2	71	Cibercultura em Ensino de Química: Elaboração de um Objeto Virtual de Aprendizagem para o Ensino de Modelos Atômicos
Art.10	2011	33	2	125	Identificação de Ácido Salicílico em Produtos Dermatológicos Utilizando-se Materiais Convencionais
Art.11	2011	33	3	160	Utilização do Cinema na Sala de Aula: Aplicação da Química dos Perfumes no Ensino de Funções Orgânicas Oxigenadas e Bioquímica
Art.12	2012	34	1	3	Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA
Art.13	2012	34	2	83	Uso Combinado de Mapas Conceituais e Estratégias Diversificadas de Ensino: Uma Análise Inicial das Ligações Químicas
Art.14	2012	34	3	155	Uma Experiência Didática sobre Viscosidade e Densidade
Art.15	2012	34	4	189	A Utilização de Vídeos Didáticos nas Aulas de Química do Ensino Médio para Abordagem Histórica e Contextualizada do Tema Vidros
Art.16	2012	34	4	201	Relatos de Experiências do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência no Curso de Licenciatura em Química da Universidade Estadual do Norte Fluminense
Art.17	2012	34	4	248	Os Jogos Educacionais de Cartas como Estratégia de Ensino em Química
Art.18	2013	35	1	34	Análise Qualitativa de Proteínas em Alimentos Por Meio de Reação de Complexação do Íon Cúprico
Art.19	2013	35	1	19	Avaliação dos Estudantes sobre o Uso de Imagens como Recurso Auxiliar no Ensino de Conceitos Químicos
Art.20	2013	35	1	27	Atividades Experimentais Simples para o Entendimento de Conceitos de Cinética Enzimática: <i>Solanum tuberosum</i> – Uma Alternativa Versátil
Art.21	2013	35	2	79	Toxicidade de Metais em Soluções Aquosas: Um Bioensaio para Sala de Aula
Art.22	2013	35	2	92	A Educação Química e o Problema da Automedicação: Relato de Sala de Aula
Art.23	2013	35	2	107	Construção de Uma Célula Eletrolítica para o Ensino de Eletrolise a Partir de Materiais de Baixo Custo
Art.24	2013	35	2	112	Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química
Art.25	2013	35	3	147	Softwares de Simulação no Ensino de Atomística: Experiências Computacionais para Evidenciar Micromundos
Art.26	2013	35	3	166	Refrigerante e Bala de Menta: Explorando Possibilidades
Art.27	2013	35	1	182	A Química dos Sentidos – Uma Proposta Metodológica
Art.28	2013	35	4	237	A Gota Salina de Evans: Um Experimento Investigativo, Construtivo e

					Interdisciplinar
Art.29	2014	36	1	28	Utilização do jogo de tabuleiro - ludo - no processo de avaliação da aprendizagem de alunos surdos
Art.30	2014	36	1	71	Explicando Fenômenos a Partir de Aulas com a Temática Água: A Evolução Conceitual dos Estudantes
Art.31	2014	36	2	108	A Água da Fonte Natural: Sequência de Atividades Envolvendo os Conceitos de Substância e Mistura
Art.32	2014	36	3	200	Imagens, Analogias, Modelos e Charge: Distintas Abordagens no Ensino de Química Envolvendo o Tema Polímeros
Art.33	2014	36	3	211	Atividades Didático-Pedagógicas para o Ensino de Química Desenvolvidas pelo Projeto PIBID-IFG
Art.34	2014	36	4	283	A Importância do PIBID para a Realização de Atividades Experimentais Alternativas no Ensino de Química
Art.35	2014	36	4	289	Oficina Temática Composição Química dos Alimentos: Uma Possibilidade para o Ensino de Química
Art.36	2014	36	4	297	As Contribuições do PIBID no Processo de Formação Inicial de Professores de Química: A Experimentação como Ferramenta na Aprendizagem dos Alunos do Ensino Médio
Art.37	2015	37	Esp.1	4	Favorecendo a Discussão de Alguns Aspectos de Natureza da Ciência no Ensino Médio
Art.38	2015	37	Esp.2	198	QNEsc e a Seção Experimentação no Ensino de Química
Art.39	2015	37	1	27	Jogo Didático Investigativo: Uma Ferramenta para o Ensino de Química Inorgânica
Art.40	2015	37	1	35	Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação
Art.41	2015	37	1	71	Experimento sobre a Influência do pH na Corrosão do Ferro
Art.42	2015	37	1	4	Kit Experimental para Análise de CO ₂ Visando à Inclusão de Deficientes Visuais
Art.43	2015	37	2	106	Modelos para o Átomo: Atividades com a Utilização de Recursos Multimídia
Art.44	2015	37	2	125	Oficinas Pedagógicas: Uma Proposta para a Reflexão e a Formação de Professores
Art.45	2015	37	3	180	Tabela Periódica Interativa
Art.46	2015	37	3	236	Desenvolvendo Habilidades e Conceitos de Nanotecnologia no Ensino Médio por Meio de Experimento Didático Envolvendo Preparação e Aplicação de Nanopartículas Superparamagnéticas
Art.47	2015	37	4	270	Educação Ambiental em Histórias em Quadrinhos: Recurso Didático para o Ensino de Ciências
Art.48	2015	37	4	278	Estudo de Ácidos e Bases e o Desenvolvimento de um Experimento sobre a "Força" dos Ácidos
Art.49	2015	37	4	285	Banco Químico: um Jogo de Tabuleiro, Cartas, Dados, Compras e Vendas para o Ensino do Conceito de Soluções
Art.50	2015	37	4	312	Estudo da Solubilidade dos Gases: Um Experimento de Múltiplas Facetas
Art.51	2016	38	1	20	Limpendo Moedas de Cobre: Um Laboratório Químico na Cozinha de Casa
Art.52	2016	38	1	40	Ensino por Temas: A Qualidade do Ar Auxiliando na Construção de Significados em Química
Art.53	2016	38	1	47	Desenvolvimento e Aplicação de Webquest para Ensino de Química Orgânica: Controle Biorracional da Lagarta-do-Cartucho do Milho
Art.54	2016	38	1	79	Uma Proposta de Aula Experimental de Química para o Ensino Básico Utilizando Bioensaios com Grãos de Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>)
Art.55	2016	38	2	133	Desenhando Isômeros Ópticos
Art.56	2016	38	2	141	Ensino de Modelos para o Átomo por Meio de Recursos Multimídia em Uma Abordagem Investigativa
Art.57	2016	38	2	181	Espectrofotometria no Ensino Médio: Construção de Um Fotômetro de Baixo Custo e fácil Aquisição
Art.58	2016	38	3	200	A Tecelagem Huni Kuin e o Ensino de Química
Art.59	2016	38	3	237	Conexões entre Cinética Química e Eletroquímica: A Experimentação na Perspectiva de Uma Aprendizagem Significativa

Art.60	2016	38	3	261	O Ensino de Química Usando Tema Baía de Guanabara: Uma Estratégia para Aprendizagem Significativa
Art.61	2016	38	4	375	Tratamento de água com coagulante biodegradável: uma proposta de atividade experimental
Art.62	2016	38	4	383	Pinhão, Quirera e Tapioca: das prateleiras para as bancadas dos laboratórios de Química
<i>Química Nova – QN *</i>					
Art.63	2013	3	9	1661	USO DE MODELAGEM MOLECULAR NO ESTUDO DOS CONCEITOS DE NUCLEOFILICIDADE E BASICIDADE
Art.64	2015	38	2	293	CORROSÃO DO AÇO-CARBONO: UMA ABORDAGEM DO COTIDIANO NO ENSINO DE QUÍMICA
Art.65	2015	38	3	437	QUÍMICA VERDADEIRAMENTE VERDE – PROPRIEDADES QUÍMICAS DO CLORO E SUA ILUSTRAÇÃO POR EXPERIMENTOS EM ESCALA MINIATURIZADA
<i>Revista Brasileira de Pesquisa em ensino de Ciências – RBPEC</i>					
Art.66	2010	10	2	?	Estudo da utilização de modelagem como estratégia para fundamentar uma proposta de ensino relacionada à energia envolvida nas transformações químicas
Art.67	2013	13	2	49	Leitura e demonstração de experimentos por meio de vídeos: análise de uma proposta a partir da escrita dos estudantes

* No periódico Química Nova – QN, foram considerados apenas as seção ‘Revisão’ e ‘Ensino’.

Fonte: Própria