http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160324

Análise sobre as formas de apresentação do conhecimento químico: o conceito de ligações químicas em livros didáticos[1]

Tavane da S. Rodrigues, Fernanda Karolaine D. da Silva, Bruno dos S. Pastoriza, Fábio A. Sangiogo, Alessandro C. Soares e Vitória S. da Silva

O presente trabalho apresenta os resultados de uma investigação sobre os modos de apresentação e abordagem do conhecimento sobre ligações químicas em livros didáticos de Química para o Ensino Médio. Como base teórica foram utilizadas as propostas de Sjöström e Talanquer (2014) e Mahaffy (2004), nas quais a produção do conhecimento em Química se desenvolve na articulação de vértices de um tetraedro que representam os elementos macroscópico, simbólico, submicroscópico e humano, sendo este último organizado em três subdivisões, denominadas de Química Aplicada, Socioquímica e Química Crítico-Reflexiva. Tomando esses três níveis do elemento humano da produção do conhecimento como categorias *a priori* para discutir a produção do conhecimento escolar em Química, foi realizada uma Análise Textual Discursiva em livros didáticos de Química com foco nas discussões sobre ligações químicas. Os resultados indicam que as propostas dos livros estavam mais centradas, em termos do elemento humano, no nível da Química Aplicada (63%), tendo a Socioquímica (23%) e a Química Crítico-Reflexiva (14%) menor relevância nas discussões. Observou-se, ainda, poucos casos de articulações mais intensas entre os componentes do tetraedro. Com tais resultados, aponta-se a necessidade de expansão das discussões em Química no sentido de buscar mais elementos crítico-reflexivos, ao mesmo tempo em que se articulam os conhecimentos associados aos vértices do tetraedro, visando fornecer uma compreensão ampliada dessa área.

▶ livro didático, ligação química, conceitos fundamentais ◀

Recebido em 11/04/2022, aceito em 12/09/2022

O processo de integração de conhecimentos e sua articulação por meio de conceitos amplos e muito difundidos como os de "interdisciplinaridade", "competências" e "habilidades", integrados em vários documentos atuais, como a BNCC (Brasil, 2017a), e anteriores, a exemplo dos PCN (Brasil, 1999) e PCN+ (Brasil, 2000), está presente de modo muito intenso, na atualidade, nas discussões sobre a formação de sujeitos nas escolas. Todavia, como afirmam Lopes (1999), Ornellas e Silva (2019), Young (2011) e outros, é preciso cautela no trato dessas propostas, no sentido de não encaminhar com elas o apagamento das próprias disciplinas e dos conhecimentos em nome de um projeto cuja centralidade estaria pautada em princípios generalistas que assumem o conhecimento como unificado, indiferenciado ou meramente utilitarista. Nessa produção, a generalização e o não aprofundamento tendem a fragilizar as possibilidades de compreensão dos fenômenos, sistemas e situações à luz dos conhecimentos específicos, muitas vezes reduzindo a apropriação do conhecimento socialmente produzido ao método da formação desse conhecimento (Duarte, 2001).

[...] é importante o desenvolvimento de trabalhos que discutam e analisem as próprias áreas do conhecimento, em especial as disciplinas escolares. Tratando especificamente da Química, sua natureza disciplinar e seus conhecimentos são temas relevantes para serem estudados ainda na atualidade.

Por essa perspectiva, é importante o desenvolvimento de trabalhos que discutam e analisem as próprias áreas do conhecimento, em especial as disciplinas escolares. Tratando especificamente da Química, sua natureza disciplinar e seus conhecimentos são temas relevantes para serem estudados ainda na atualidade. Conforme discutido por Taber (2019), a Química apresenta como uma de suas principais características a de compreender um campo

Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons

conceitual, pois "conceitos são centrais na compreensão da Química, e o entendimento de conceitos químicos é, portanto, uma preocupação central na educação química" (p. 3, tradução nossa). Dessa perspectiva, falar de conceitos químicos implica tanto em elementos de sua definição quanto de sua mobilização e articulação, mas, sobretudo, exige, no campo da formação docente, uma análise dos modos de produção dos conhecimentos sobre tais conceitos nos contextos de ensino e aprendizagem.

Partindo desses pressupostos, este trabalho consiste num estudo que parte do reconhecimento da importância do desenvolvimento do conhecimento disciplinar na formação docente (Lopes,1999; Ornellas e Silva, 2019) como modo de tornar possível o processo de sua complexificação no ambiente escolar. Assumindo que o presente texto é um recorte de uma pesquisa mais ampla, aqui são apresentadas as análises de livros didáticos de Química (LDQ) com o objetivo de investigar e problematizar como um conceito específico dessa área, a saber, ligações químicas (LQ), é apresentado e encaminhado nesses materiais. Contrariamente a uma proposição que assume a disciplinarização como elemento isolado e asséptico, a perspectiva teórica da análise foi pautada no tetraedro de Sjöström e Talanquer (2014) e Mahafy (2004). Com esses autores, ao conhecimento químico é proposta uma articulação de diferentes elementos, os quais compreendem desde aqueles mais clássicos e alinhados ao campo disciplinar em específico (questões fenomenológicas, conceituais e representacionais) até o elemento humano e seus diferentes atravessamentos na produção de um conhecimento mais amplo. Tais pressupostos teóricos orientaram a análise, organizada a partir da Análise Textual Discursiva (ATD) (Pedruzzi *et al*., 2015), tendo os níveis relativos ao vértice humano do tetraedro de Sjöström e Talanquer (2014) e Mahaffy (2004) como categorias *a priori* do estudo.

A produção do conhecimento químico: os níveis de reconhecimento da química a partir de uma proposta em tetraedro

Uma proposta possível e muito aceita para organização da ciência Química a divide em, no mínimo, três níveis: o macroscópico, o representacional e o submicroscópico, sendo Johnstone (1982) um dos primeiros pesquisadores a propor um modelo para explicar a relação entre tais níveis. Em sua discussão havia um nível palpável (macroscópico), um nível molecular (submicroscópico) e um terceiro nível, que articulava símbolos, equações e representações em geral (simbólico), formando, assim, um triângulo (Figura 1).

O autor argumenta que grande parte das dificuldades da aprendizagem em Química se devem ao fato de que os processos de ensino usualmente se concentram em apenas dois níveis do triângulo (macroscópico e simbólico), deixando de lado aspectos mais estruturais (correspondentes ao nível submicroscópico), além de que raramente os três níveis representacionais são usados de modo integrado, dificultando a compreensão dos alunos sobre a abstração da Química.

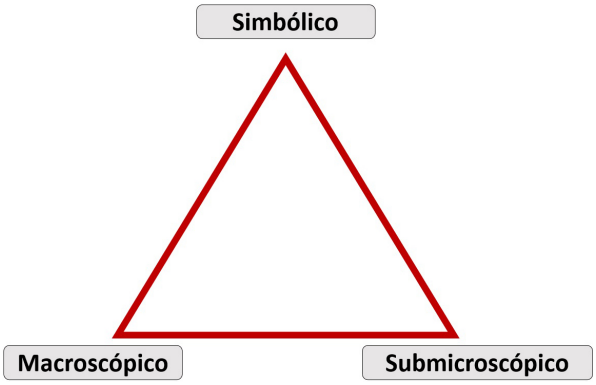


Figura 1: Triângulo de Johnstone. Fonte: adaptado de Johnstone, 2006, p. 59.

Mesmo que muito aceito (Taber, 2013; Petillion e Mcneil, 2020; Gkitzia *et al*., 2020; Reid, 2020; Alves, 2017; Cleophas *et al*., 2020; Oliveira *et al*., 2022), críticas foram desenvolvidas ao triângulo de Johnstone, destacando possíveis limitações no campo epistemológico, ontológico, didático e até mesmo de denominação ou de organização de suas dimensões (Labarca, 2009; Rappoport e Ashkenazi, 2008; Silva e Messeder Neto, 2021; Wartha e Rezende, 2015; Talanquer, 2010).

Por exemplo, Melo e Silva (2020), analisando as discussões de Johnstone a partir de outros textos, apontam a sistemática crítica que há sobre o nível representacional e sua relação com os demais. Num caso particular, em que Johnstone utiliza balões para discutir as ligações químicas, os autores citam que:

> [...] *em nenhum momento em seu artigo, pode-se inferir que a utilização dos balões em seu exemplo se caracteriza enquanto uma ordem explícita do uso de instrumentos para criação de significados (Araújo Neto, 2009).* [...] *Araújo Neto (2009) argumenta que a ausência de relação entre os balões, utilizados no exemplo, a qualquer elemento do triângulo, sugere certa confusão na proposição dos níveis de representação, já que eles são qualificados enquanto representantes. Fato que nos impossibilita afirmar como os balões são tomados na proposição de Johnstone* (Melo e Silva, 2020, p. 3).

Dessa discussão, tais autores apontam que as propostas de Johnstone podem ser analisadas a partir de referentes externos e internos aos sujeitos, sendo que sua organização em termos dos níveis seria em si problematizável, haja vista a falta de clareza em sua definição e a multiplicidade de fatores que agrega. Mais especificamente, dessa crítica é possível apontar a relação em termos de "nível" efetivo entre uma relação de grandeza macro-submicro, que não se relaciona do mesmo modo com a questão da representação e as opções ou estratégias da escolha ou apropriação de um ou outro modo de representar.

Destaca-se que a utilização do triângulo como ferramenta de problematização e organização do ensino da Química tem

se mostrado produtivo, mesmo com essas e outras críticas relevantes, como apontam os trabalhos de Gabel (1999) e Gilbert e Treagust (2009). Dentre as problematizações emergentes, e assumindo que a noção de nível, mesmo problemática, tenha sido bem recebida pela comunidade, Mahaffy (2004) propõe a criação de mais um nível além do triângulo, tornando-o, assim, um tetraedro (Figura 2).

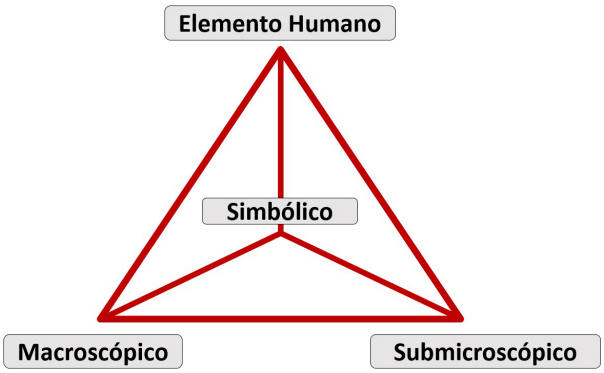


Figura 2: Tetraedro de Mahafy. Fonte: adaptado de Mahafy, 2004, p. 231.

Segundo Mahaffy (2004, p. 231, tradução nossa):

> *A educação química pela perspectiva do tetraedro pode servir como uma metáfora adequada para descrever o que valorizamos na educação química, destacando o elemento humano ao dar ênfase a duas dimensões da aprendizagem em química:*
>
> *(1) A rica rede de considerações econômicas, políticas, ambientais, sociais, históricas e filosóficas, tecidas na nossa compreensão dos conceitos químicos, reações e processos que nós ensinamos a nossos estudantes e ao público em geral.*
>
> *(2) O aprendiz humano. A educação química pautada no tetraedro enfatiza estudos de caso, projetos de investigação, estratégias de resolução de problemas, aprendizagem ativa e adequação das estratégias pedagógicas aos estilos de aprendizagem dos estudantes. Ela mapeia estratégias pedagógicas para introduzir o mundo químico nos níveis simbólico, macroscópico e molecular sobre as concepções e concepções alternativas dos estudantes.*

Em seus estudos, Mahaffy (2004) aponta uma articulação de níveis de organização da Química que se relacionam à compreensão do mundo por meio da Química e na formação de um sujeito crítico e reflexivo. O autor destaca que os educadores precisam enfatizar novas dimensões para o Ensino de Química, e assim enfrentar as limitações sobre a compreensão do papel da química na vida cotidiana, sendo esse um dos fundamentos para a criação do nível que relaciona o elemento humano.

No mesmo sentido da ideia de criação de um tetraedro, Sjöström (2013) e Sjöström e Talanquer (2014) problematizam a inclusão de diferentes graus de complexidade na análise dos aspectos humanísticos na Educação Química (Figura 3). Para contornar algumas problematizações e esclarecer os termos, no contexto deste trabalho se priorizará (embora não de modo exclusivo), a partir daqui, a denominação de "vértices" quando a discussão se referir aos quatro componentes do tetraedro, e "níveis" a qualquer processo de estratificação que, internamente a cada um desses componentes, se possa fazer. Por exemplo, na Figura 3, temos representados os quatro vértices do tetraedro (macroscópico, submicroscópico, simbólico e humano), havendo, em relação ao humano, uma estratificação em diferentes níveis (Química Aplicada, Socioquímica e Crítico-Reflexivo).

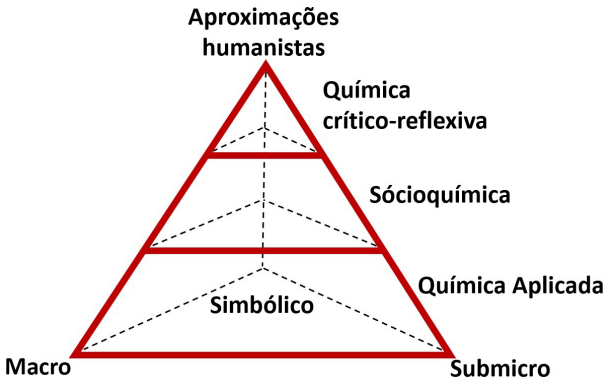


Figura 3: Tetraedro discutido por Sjöström e Talanquer como complexificação das propostas de Johnstone e Mahaffy. Fonte: adaptado de Sjöström & Talanquer, 2014, p. 1126.

Complementando a noção de Mahaffy (2004), Sjöström e Talanquer (2014, p. 1127, tradução nossa) tratam o aspecto humanístico como sendo:

> *caracterizado por um foco no sentido humano* [...] *e "um eu autônomo com o direito de fazer julgamentos e interpretações"* (p. 762). *Nossa contribuição destaca áreas de conhecimento e perspectivas que professores e instrutores devem considerar enquanto desenvolvem e implementam abordagens "humanísticas" para ensinar química.*

O tetraedro discutido por esses autores encaminha uma articulação entre os vértices macroscópico, submicroscópico, simbólico e humanístico, subdividindo este último em diferentes níveis de complexidade. O nível mais básico, correspondente à base triangular do tetraedro (idêntico ao triângulo representacional proposto anteriormente por Johnstone, Figura 1), refere-se à Química Aplicada. Os dois níveis subsequentes são representados na Figura 3 por planos paralelos que cortam o tetraedro paralelamente à sua base, sendo o nível intermediário

O tetraedro discutido por esses autores encaminha uma articulação entre os vértices macroscópico, submicroscópico, simbólico e humanístico, subdividindo este último em diferentes níveis de complexidade.

denominado Socioquímica e o terceiro, Química Crítico-Reflexiva. Ao se ir do nível referente à Química Aplicada para o referente à Química Crítico-Reflexiva, há um aumento gradativo da contribuição do vértice "Aproximações Humanistas" na abordagem da ciência Química.

O primeiro nível tem como característica a "abordagem para o ensino de Química que focaliza questões da vida cotidiana e diferentes aplicações da química" (Sjöström e Talanquer, 2014, p.1126, tradução nossa); sendo assim, remete às exemplificações da aplicação do conhecimento químico escolar. O nível relativo à Socioquímica considera um "ensino de Química que inclui abordagens voltadas para a avaliação do desenvolvimento e usos de conhecimentos, práticas e produtos de química, bem como a compreensão da inserção sociocultural do trabalho e ideias científicas" (Sjöström e Talanquer, 2014, p.1126, tradução nossa). Esse nível avança para a Química além de uma ciência aplicada, mas como parte integrante da sociedade. Por fim, a proposta de uma ideia de Química Crítico-Reflexiva "envolve os alunos em uma análise reflexiva de aspectos históricos, filosóficos, sociológicos, e perspectivas culturais, bem como na ação crítica-democrática para justiça social" (Sjöström e Talanquer, 2014, p.1126, tradução nossa). O conhecimento gerado a partir das contextualizações históricas e filosóficas pode auxiliar os alunos na compreensão da construção da ciência, dos conceitos científicos e na compreensão do mundo contemporâneo (Welter *et al*., 2017), para que assim o estudante possa se tornar um sujeito mais crítico e atuante na sociedade. Algo muito próximo dessas ideias, pela perspectiva brasileira, corresponde à formação para a cidadania, desenvolvida nos estudos de Santos e Schnetzler (1996) e Santos (2011; 2012), assim como em derivações dessas ideias, que podem ser vistas em Frison e Del Pino (2011), Pastoriza e Del Pino (2017), dentre outros.

Sjöström e Talanquer (2014) justificam a necessidade da abordagem da Química que relaciona o elemento humano ao conhecimento. Os autores discutem que as abordagens tradicionais da Educação em Química em todos os níveis de ensino tendem a ser centradas no conteúdo, com forte ênfase na compreensão dos alunos sobre conceitos e ideias disciplinares tratadas de forma asséptica. Tais propostas usualmente não envolvem os alunos em atividades que permitam discussões e que promovam a aprendizagem sobre como os conceitos envolvem essa Ciência num complexo sistema de relações, efeitos, ações, potencialidades e construções que podem ser utilizados para abordar, refletir ou tomar decisões sobre problemas em sua vida.

A cada uma das propostas dos níveis de complexidade em relação à presença do elemento humano, ressalta-se que é viável organizá-las em articulação com os demais vértices do tetraedro. Isso torna possível falar das discussões que se deslocam ao longo do vértice humano (desde aquelas mais afastadas até as mais próximas) e que podem também se desenvolver em relação às questões macroscópicas, submicroscópicas e simbólicas na produção de um conhecimento que será entendido como "químico".

Por essa perspectiva tridimensional, de um espaço metafórico (Bachelard, 1996), é possível "localizar" o processo de tratar, falar, ensinar ou aprender a Química que está sendo pautado e, ainda, de sua análise, buscar deslocamentos e organizações no sentido daquilo que mais se deseja, colocando em pauta o que podemos associar à intencionalidade pedagógica (Pastoriza, 2022) dos docentes. Nesse sentido, a proposta do tetraedro pode ser empregada como uma ferramenta de trabalho e de análise da produção do conhecimento químico escolar, sendo que na pesquisa ora apresentada nos voltamos à análise dos modos de produção do conhecimento sobre o conceito de LQ.

O conceito de ligações químicas no contexto do Ensino

Os conceitos químicos representados nos livros didáticos de Química são de extrema importância para a compreensão dessa ciência, sendo alguns considerados como estruturantes ou fundamentais por permitirem a discussão e o entendimento de outros conceitos e processos químicos, como é apontado por Gagliardi (1988, p. 293):

> *Um ensino baseado nos conceitos estruturantes reduz os tópicos a serem ensinados e permite que mais tempo seja dedicado ao desenvolvimento da capacidade dos alunos. Em outras palavras, os conceitos estruturantes são tanto um meio para superar os obstáculos epistemológicos quanto uma base para o aprendizado posterior.*

A cada uma das propostas dos níveis de complexidade em relação à presença do elemento humano, ressalta-se que é viável organizá-las em articulação com os demais vértices do tetraedro. Isso torna possível falar das discussões que se deslocam ao longo do vértice humano (desde aquelas mais afastadas até as mais próximas) e que podem também se desenvolver em relação às questões macroscópicas, submicroscópicas e simbólicas na produção de um conhecimento que será entendido como "químico"

Nesse sentido, Cruz (1998, p. 325) define que os conceitos estruturantes "vão transformar o sistema cognitivo dos alunos de tal maneira que permitem, de forma coerente, adquirir novos conhecimentos, por construção de novos significados, ou modificar os anteriores, por reconstrução de significados antigos". Sendo assim, muitos pesquisadores em ensino de Química trazem em seus estudos considerações, a partir de diferentes perspectivas, sobre os conceitos considerados estruturantes, como Oki (2002), Alves *et al*. (2018), dentre outros. É consenso entre os autores a existência e a importância dos conceitos estruturantes para a compreensão da Química. Mesmo que o ensino dessa área não se limite aos conceitos

em si (Lima e Barboza, 2005), há discussões que marcam explicitamente alguns conceitos como estruturantes, entre as quais, usualmente, há menções aos conceitos de elemento químico, átomo, molécula, substância, reação química, ligação química, entre outros (Taber, 2019).

Assumindo tais concepções, reforça-se o argumento de que o conceito de LQ seria um desses estruturantes, pois, a partir de sua compreensão, é possível, por um lado, ter o entendimento sobre outros conceitos, como propriedades químicas e físicas das substâncias, reações químicas, mecanismos de reação, equilíbrio químico, etc. Por outro lado, compreender as LQ permite a realização tanto de explicações quanto de previsões das propriedades das substâncias e materiais, ao permitir discutir especificidades e relações entre os elementos macro, submicro, simbólico e humano. Linus Pauling (1992, p. 521) afirmou que "ligação química é o conceito mais valioso da Química", destacando sua importância para os químicos e para o desenvolvimento tecnológico da Ciência. Sobre este último aspecto, Pauling, em seu livro *The Nature of the Chemical Bond* (Pauling, 1992), começa suas discussões apontando que avanços na construção do conceito de LQ não colaboraram somente para o entendimento da Química, mas também para avanços na área da Biologia e Medicina.

No ensino de Química, o entendimento das LQ usualmente se dá pelo privilégio de uma discussão abstrata, sem articulações significativas com o mundo material e direto dos estudantes (Bouayad *et al.*, 2015). É comum que as abordagens mais consolidadas sejam no nível da definição conceitual e sua representação por meio dos símbolos de Lewis, especialmente discutindo as questões referentes às definições de camada de valência, octeto, estruturas de Lewis e as definições de três modelos específicos de ligação: covalente, iônica e metálica (Ünal *et al.*, 2006). Todavia, ao problematizar tal abordagem com a crítica inicial de Johnstone (1982), seria necessária a passagem pelos três níveis característicos da disciplina de Química: o macroscópico, submicroscópico e o simbólico. Complementarmente, agregando as discussões de Mahafy (2004) e Sjöström e Talanquer (2014), dados os modos de produção do conhecimento químico e a própria ação humana que lida com a construção e com os efeitos desse conhecimento, nota-se a necessidade de expansão dessa abordagem consolidada no sentido de uma mais ampla.

No ensino de Química, o entendimento das LQ usualmente se dá pelo privilégio de uma discussão abstrata, sem articulações significativas com o mundo material e direto dos estudantes (Bouayad et al., 2015).

É com base nessas ideias que, na próxima seção, são destacados os elementos metodológicos de construção da análise, centrada em LDQ, uma vez que muitas vezes os modos de discussão que nesses materiais são encaminhados tendem a conduzir a aula que produzirá o conhecimento químico escolar.

Metodologia

Para a seleção dos materiais a serem analisados, utilizamos livros aprovados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) em vigência no momento da pesquisa. Esse programa do governo federal brasileiro oferece a alunos e professores de escolas públicas livros didáticos, literários e dicionários da língua portuguesa, de forma universal e gratuita, como auxílio no processo de ensino e aprendizagem em sala de aula (Brasil, 2017b). Dos livros apresentados para a área de Química, tivemos acesso a cinco coleções, o que totalizou 15 volumes analisados, conforme a Tabela1.

Para a construção dessa análise, utilizamos como base a ATD, que:

Tabela 1: Relação de livros didáticos utilizados para análise na pesquisa. Fonte: os autores.

Código	Título	Autor	Edição / Ano	Material de análise
L1	Química	Martha Reis Marques Fonseca	2ª / 2016	volume1 volume2 volume3
L2	Química	Andréa Horta Machado; Eduardo Fleury Mortimer	3ª / 2016	volume1 volume2 volume3
L3	Vivá - Química	Vera Lúcia Duarte de Novais; Murilo Tissoni Antunes	1ª / 2016	volume1 volume2 volume3
L4	Química	Carlos Alberto Mattoso Ciscato; Luis Fernando Pereira; Emiliano Chemello; Patrícia Barrientos Proti	1ª / 2016	volume1 volume2 volume3
L5	Química Cidadã	Wildson Santos; Gerson Mol (coord.)	3ª / 2016	volume1 volume2 volume3

> [...] *visa, inicialmente, à desmontagem dos textos, seu exame nos mínimos detalhes. Na sequência, desenvolve-se o estabelecimento de relações entre cada unidade, procurando-se a identidade entre elas, para, logo após, captar o que emerge da totalidade do texto, em direção a uma nova compreensão desse todo. Por fim, o processo de pesquisa, nesta metodologia de análise, é auto-organizado, exigindo do pesquisador uma imersão, a completa impregnação nas informações do texto analisado, sendo esta rigorosidade uma necessidade para que o novo tenha condições de ficar evidente* (Pedruzzi *et al*., 2015, p. 591).

Assim, analisamos os livros didáticos para identificar as abordagens sobre o conceito de LQ. Numa leitura completa da obra, buscamos por trechos do livro que apresentavam discussões sobre esse conceito e recortamos cada trecho de análise a fim de compor nossas unidades. Por exemplo, quando um trecho de uma obra citava, no capítulo destinado à discussão da Tabela Periódica, pela primeira vez uma relação com o conceito de ligação química no trecho: "Os átomos dos diferentes elementos estabelecem ligações, doando, recebendo ou compartilhando elétrons para adquirir uma configuração eletrônica igual à de um gás nobre no estado fundamental: 8 elétrons no nível de energia mais externo ou, então, 2 elétrons se o nível mais externo for o primeiro" (2016L1U1), esse trecho foi definido como uma unidade. Igualmente, quando havia um pequeno destaque no canto da página que falava da história de Pauling com sua imagem, esse trecho foi descrito e assumido como outra unidade (2016L3U10).

Cada unidade foi descrita e analisada no sentido de evidenciar o que apresentava em termos da ideia de ligação química, bem como eram descritas as demais articulações que o trecho trazia, quando presentes. Para nomear as unidades, criamos uma codificação que segue o padrão 2016L5U6, em que consideramos o ano da edição do livro (neste caso, 2016), seguido do seu código numérico específico (livro 5, no exemplo) e o número da unidade criada (unidade 6, no exemplo). Os livros analisados foram numerados de 1 até 5, sendo que cada livro possui 3 volumes.

Cada unidade foi descrita e analisada no sentido de evidenciar o que apresentava em termos da ideia de ligação química, bem como eram descritas as demais articulações que o trecho trazia, quando presentes.

Como categorias *a priori* (Moraes e Galiazzi, 2007; Souza e Galiazzi, 2018; Moraes, 2003), a pesquisa utilizou a proposta de Sjorstrom e Talanquer (2014) e Sjöström (2013), articulando os sentidos atribuídos a cada unidade às definições discutidas acima a respeito de cada um dos níveis propostos pelos autores (Química Aplicada, Socioquímica e Química Crítico-Reflexiva). A título de elucidação, dos dois exemplos trazidos acima na unitarização, ao analisar o contexto no qual a unidade está localizada na obra, quando a unidade 2016L1U1 restringe-se a uma questão puramente química, sem evidenciar um processo histórico da produção do conhecimento apresentado, muito menos a relevância social ou a capacidade de contribuir em processos de tomada de decisão, essa unidade foi incluída na categoria *a priori* referente a Química Aplicada. Já a unidade 2016L3U10, quando apresenta um contexto histórico de desenvolvimento das discussões, ainda que restrito, foi inserida na categoria *a priori* referente à Socioquímica.

Para além da inclusão das unidades em algum dos níveis atinentes ao vértice humano do conhecimento, também foi discutida a articulação das unidades em relação aos demais vértices do tetraedro (simbólico, macroscópico e submicroscópico). Por fim, como orientado pela ATD, foi produzido um metatexto apresentando os resultados da investigação, que se constitui no presente texto, produzido inicialmente para um evento e posteriormente ampliado.

Produzindo conhecimentos sobre Ligações Químicas: os níveis mobilizados

O desenvolvimento das etapas da ATD em articulação com as propostas de Sjöström e Talanquer (2014) nos possibilitou organizar as unidades criadas em relação às categorias discutidas na seção anterior. Cada uma delas será, então, descrita na presente seção em relação à análise realizada.

a) Química Aplicada

Identificamos que a maioria dos livros analisados apresentava como característica a presença de definições conceituais ou aplicações diretas da química sem apresentar relações com outras áreas, contextos ou situações. Por exemplo, a unidade 2016L1U9 descreve que "quando dois átomos compartilham elétrons em uma ligação covalente, essa ligação pode ser apolar ou polar, de acordo com a diferença de eletronegatividade entre os átomos". Tal afirmação tende a limitar o conceito químico, apenas inserido no contexto da matéria específica, haja vista que não faz quaisquer relações para além da Química pela Química. Quando a unidade 2016L4U10 diz que "dependendo da diferença de eletronegatividade entre os átomos envolvidos em uma ligação, é possível classificá-la como sendo de caráter predominantemente iônico ou predominantemente covalente", ela coloca situações de aplicação do conceito, mas não permite a construção de um posicionamento ou problematização da ação humana nesse momento. Sendo assim, evidenciamos maneiras distintas de apresentar os conceitos químicos que dão destaque e que reforçam o nível de Química Aplicada. Disso, é importante destacar que em diferentes casos, a problematização da definição conceitual pode necessitar a localização do conceito num nível restrito à Química. Ainda assim, nesse caso, analisando o contexto de discussão da proposição das unidades, quando atinentes à Química Aplicada, nota-se que tanto as definições conceituais quanto o contexto da discussão em que aparecem tendem a

um cenário restrito da Química – e esse é um dos pontos que reafirma a unidade nessa categoria.

Entre os livros analisados, alguns podem ser classificados por sua aproximação com o nível da Química Aplicada. Das 73 unidades criadas, 46 delas foram classificadas nessa categoria, o que corresponde a 63% das unidades resultantes da análise, sendo 28% oriundas apenas do L1. Esse livro gerou ao todo 18 unidades, apresentando 72% delas nessa categoria. Esses dados indicam que o livro tem grande parte de suas definições voltadas à Química Aplicada, assim como foi a aproximação mais encontrada ao longo da análise em todos os livros.

Entre os livros analisados, alguns podem ser classificados por sua aproximação com o nível da Química Aplicada. Das 73 unidades criadas, 46 delas foram classificadas nessa categoria, o que corresponde a 63% das unidades resultantes da análise, sendo 28% oriundas apenas do L1. Esse livro gerou ao todo 18 unidades, apresentando 72% delas nessa categoria. Esses dados indicam que o livro tem grande parte de suas definições voltadas à Química Aplicada, assim como foi a aproximação mais encontrada ao longo da análise em todos os livros.

Além de uma relação mais centrada no nível da Química Aplicada, nota-se que, a partir das contribuições de Johnstone (1982; 2002) assumidas na proposta de Sjöström e Talanquer (2014), as unidades citadas acima estão mais aproximadas do elemento simbólico, pois falam de representações convencionadas para explicar um fenômeno, no caso do exemplo, a eletronegatividade, e do elemento submicroscópico, pois tratam de explicações que ocorrem em nível molecular, não visível. Mais do que presente nesses exemplos, tais abordagens são comuns dentre as propostas de trabalho apresentadas nessa categoria.

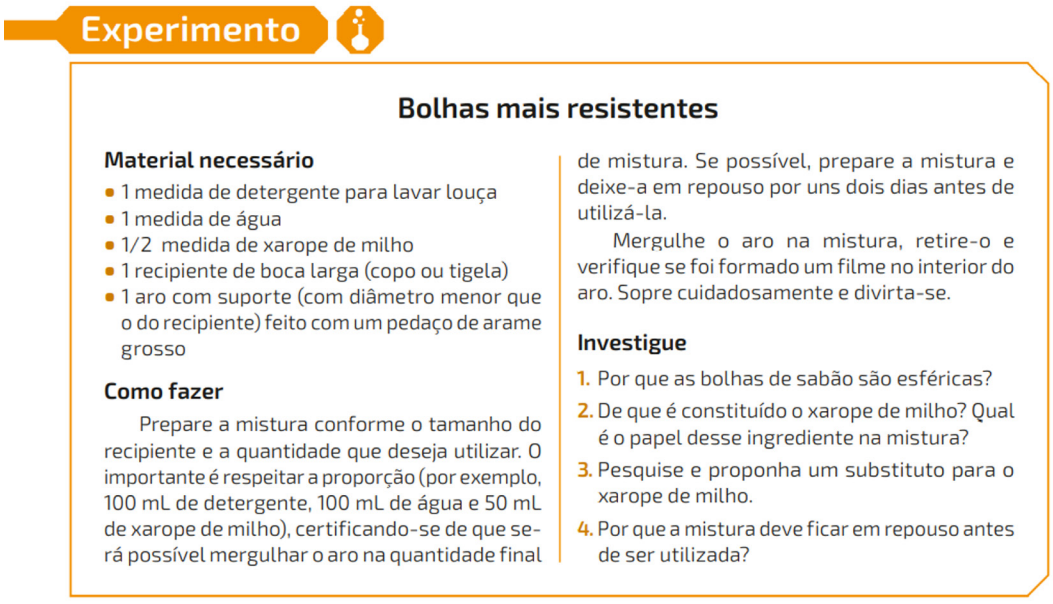
Para Rosa e Rossi (2012), "os conteúdos de ensino não podem se restringir à lógica interna das disciplinas científicas, valorizando, exclusivamente, o conhecimento de teorias e fatos científicos, mas devem, sim, ser reelaborados e relacionados com temas sociais relevantes". Concordando, Lima (2012, p. 98) aponta que "não se pode mais conceber um ensino de Química que simplesmente apresenta questionamentos pré-concebidos e com respostas acabadas". Tais posições de pesquisadores da área de Ensino de Química nos permitem pensar que um ensino focado puramente na aplicação do conceito, no nível escolar, constitui-se numa proposta que minimiza a potencialidade do processo de aprendizagem, haja vista a necessária articulação dessa disciplina com elementos que a localizam no mundo, nas vivências e que permitem sua própria produção.

b) SócioQuímica

Nesta categoria se destacam os elementos que buscam "análises e discussões dos custos e benefícios sociais, econômicos e ambientais das atividades da química e seus produtos" (Sjöström e Talanquer, 2014, p. 1128, tradução nossa). Todos os livros apresentaram trechos que foram incluídos nessa categoria. Essas discussões foram evidenciadas, usualmente, a partir de excertos que propunham experimentos, curiosidades, projetos e exercícios. Por exemplo, em L1 encontramos um subtópico denominado "Curiosidade", que tem como objetivo mostrar curiosidades relacionadas ao raio atômico, eletronegatividade e força ácida com uma figura que representa o aumento ou diminuição dessas características. Em diferentes momentos, esse subtópico continha informações ou propunha discussões que apontavam relações econômicas do tópico em discussão, com objetivo de, por meio de uma "curiosidade", expandir para além da Química *per se* a relação entre o tema (ligação química), a Química e sua presença na sociedade.

No mesmo sentido aparecem as questões experimentais. Por exemplo, em L4 encontra-se um experimento que busca analisar a capacidade que alguns materiais apresentam de conduzir corrente elétrica. A atividade proposta permite verificar a ocorrência do acendimento de uma lâmpada em testes de condutibilidade elétrica de diferentes materiais. Ao fim do experimento, encontram-se questões para auxiliar a compreensão de por que determinados materiais são condutores elétricos enquanto outros são isolantes, discutindo isso a partir das relações como conceito de LQ e possíveis benefícios de se conhecer sobre o tema a partir de uma aplicação na vida prática. Similarmente, em L5 é apresentado um experimento com foco no questionamento se a água sempre conduz eletricidade, visando que o aluno possa reconhecer a Química em seu cotidiano. Retomando a crítica de Galiazzi *et al.* (2001), de que as atividades experimentais são pouco frequentes nas escolas sob a justificativa da inexistência de laboratórios e que, quando os possuem, não têm recursos para mantê-los, é possível compreender que, ao propor processos experimentais facilmente realizados com materiais caseiros e seguros, o LDQ contribui para a expansão da compreensão dos fenômenos químicos e sua relação com os sujeitos da aprendizagem. Mais do que uma restrição à definição e organização conceitual, ao trazer elementos da vida prática, pensar sobre ela, problematizar seus custos, os benefícios de melhor empregar o conhecimento químico, as unidades incluídas nessa categoria mostram-se potentes no desenvolvimento de uma compreensão mais ampliada do significado do conceito de ligações químicas. Ainda assim, Wartha *et al.* (2013) definem o termo "cotidiano" como sendo uma característica do recurso que relaciona situações vivenciadas no dia a dia com os conhecimentos científicos. A partir dessa definição, podemos evidenciar a necessidade de inserir o cotidiano no ensino com a importância destacada por Sjöström e Talanquer (2014).

De todas as unidades criadas, dezessete foram inseridas na classificação Socioquímica. Comparando os resultados das unidades da categoria Socioquímica com o referente à Química Aplicada (primeira categoria), esta constituiu 63% das unidades, enquanto aquela, 23%. Isso indica que, em



Experimento

Bolhas mais resistentes

Material necessário

- 1 medida de detergente para lavar louça
- 1 medida de água
- 1/2 medida de xarope de milho
- 1 recipiente de boca larga (copo ou tigela)
- 1 aro com suporte (com diâmetro menor que o do recipiente) feito com um pedaço de arame grosso

Como fazer

Prepare a mistura conforme o tamanho do recipiente e a quantidade que deseja utilizar. O importante é respeitar a proporção (por exemplo, 100 mL de detergente, 100 mL de água e 50 mL de xarope de milho), certificando-se de que será possível mergulhar o aro na quantidade final de mistura. Se possível, prepare a mistura e deixe-a em repouso por uns dois dias antes de utilizá-la.

Mergulhe o aro na mistura, retire-o e verifique se foi formado um filme no interior do aro. Sopre cuidadosamente e divirta-se.

Investigue

1. Por que as bolhas de sabão são esféricas?
2. De que é constituído o xarope de milho? Qual é o papel desse ingrediente na mistura?
3. Pesquise e proponha um substituto para o xarope de milho.
4. Por que a mistura deve ficar em repouso antes de ser utilizada?

Figura 4: Exemplo da unidade 2016L1U11, localizada no nível da discussão Socioquímica. Fonte: Fonseca, 2016, p. 217.

nossa análise, a Socioquímica foi categoria pouco presente ao longo dos livros.

Ainda que menos presente, é possível assumir que a composição dessa categoria é mais complexa, pois, quando articulada aos demais vértices do tetraedro, ela vislumbra outros elementos que não somente o simbólico ou submicroscópico (Figura 4).

Nas propostas categorizadas no nível da Socioquímica, são evidenciados mais aspectos do vértice macroscópico, com um processo de significação conceitual que permite uma identificação do fenômeno e sua discussão. Na Figura 4, fica nítida a intenção de discutir um processo cotidiano e de buscar nele uma relação com o conceito em discussão. Nesses casos, não se tem mais "somente" a definição e a representação, mas uma articulação entre o mundo vivenciado e "onde" está o conceito. Todavia, essa discussão pode ser mais complexificada, como se vê a seguir.

c) Química Crítico-Reflexiva

Esta categoria evidencia a necessidade de unir as questões históricas e filosóficas, bem como as questões sociais relativas ao seu uso e desenvolvimento, com a aprendizagem do conceito, uma vez que tal união possibilita maior entendimento, decisão, posicionamento e reflexão por parte dos alunos. Mais do que uma apresentação de discussões integradas às vivências, as propostas localizadas nesta categoria mobilizam, explicitamente, uma tomada de decisão, uma ação e uma reflexão. Por exemplo, o livro L5 aborda o capítulo de LQ sob o título "A Química das estruturas: resistência aos desastres", que é um texto orientador do capítulo e que conta com duas imagens: uma de uma ponte e outra de um teleférico, e um destaque denominado "pare e pense". A dinâmica de apresentação da discussão traz a pergunta: "o que faz com que um cabo de aço não se rompa facilmente?". Após essa contextualização, há várias imagens de desastres que remetem à importância de compreender a Química e o estabelecimento e rompimento de ligações químicas na constituição dos materiais, sua resistência e propriedades. Na sequência, o capítulo continua com o tópico "por que os átomos se combinam?", que traz abordagens históricas relacionando-as à contextualização inicial.

A perspectiva de trabalho e o modo de apresentação das ideias se mostram significativamente distintos se comparados aos trechos classificados na primeira categoria (Química Aplicada). Um exemplo disso pode ser observado na Figura 5.

É possível evidenciar que as discussões de uma Química Crítico-Reflexiva tendem a articular muito mais elementos que se aproximam de uma combinação entre os demais vértices, elencando elementos representacionais, submicroscópicos e macroscópicos. Mesmo que as categorias anteriores apresentem elementos desses vértices, é nos momentos de uma perspectiva mais ampliada da Química que se evidenciam efetiva ou potencialmente as necessárias combinações entre eles.

Nas unidades inseridas na categoria da Química Aplicada, observamos apenas a explicação conceitual, sem que haja contextualização ou explicação mais abrangente. Já a Figura 5, localizada na categoria da Química Crítico-Reflexiva, apresenta um texto que aborda questões históricas, que envolvem os estudantes no processo de conhecer e refletir sobre teorias que colaboraram para o avanço do conhecimento sobre o tema em si, posicionando-se.

É possível evidenciar que as discussões de uma Química Crítico-Reflexiva tendem a articular muito mais elementos que se aproximam de uma combinação entre os demais vértices, elencando elementos representacionais, submicroscópicos e macroscópicos. Mesmo que as categorias anteriores apresentem elementos

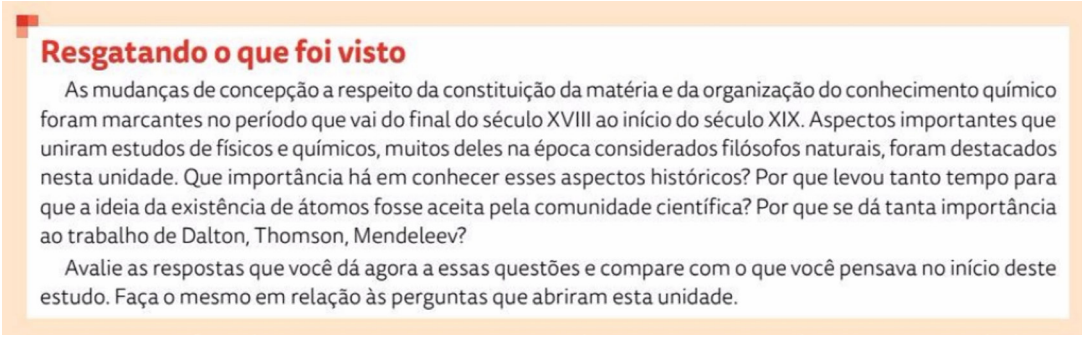


Figura 5: Exemplo da unidade 2016L3U12, localizada no nível de discussão da Química Crítico-Reflexiva. Fonte: Novais e Antunes, 2016, p. 135.

desses vértices, é nos momentos de uma perspectiva mais ampliada da Química que se evidenciam efetiva ou potencialmente as necessárias combinações entre eles.

No caso das unidades referentes à Química Crítico-Reflexiva, notamos uma menor recorrência se comparada às demais, correspondendo a 14% das unidades analisadas. Isso permite pensar na possível necessidade de ampliação da presença desse nível de discussão em materiais de ensino da Química, com o objetivo de usar essa perspectiva para mobilizar o senso crítico e a transformação social pelos estudantes.

Considerações finais

O trabalho apresenta um número restrito de livros, não contemplando todos aqueles disponíveis no programa do PNLD, pois nem todos os livros foram encontrados e acessados fisicamente ou *on-line*. Embora haja tais limitações, cabe ressaltar que os dados e argumentos construídos encontram respaldo nos desdobramentos da análise e na articulação com os trabalhos da área de Ensino de Química.

Evidenciamos em nossa análise que 63% das unidades foram classificadas como Química Aplicada, sendo a maior categoria de análise. A Socioquímica resultou em um total de 23%, enquanto a Crítica-Reflexiva, 14% dos trechos analisados. É possível identificar uma grande diferença na quantidade de unidades de cada categoria, havendo nas discussões voltadas à Química Aplicada mais da metade das unidades da nossa análise. De tais elementos é possível considerar que, ainda que os docentes não busquem somente uma aplicação do conceito, os modos de trabalho encaminhados nos LDQ tendem a se organizar com esse foco. Também se evidenciou a preponderância de uma relação aplicada com elementos submicroscópicos e simbólicos. Tais relações evidenciam que, ao não trazer os elementos de articulação macroscópica ou mais intensa com as questões humanísticas, mesmo que ainda restritos ao nível da aplicação, as obras analisadas tendem a limitar a potencialidade de produção dos conhecimentos associados ao conceito de LQ. Isso mostra que nem sempre o material proposto se torna o ideal para aquele espaço, e que talvez os conteúdos fundamentais tratados na disciplina possam ser desenvolvidos a partir de materiais elaborados pelos próprios professores (Lima, 2012).

Como encaminhamentos, este artigo aponta que, dado o baixo número de discussões no sentido das abordagens mais complexas propostas pela área de Educação Química, em especial aquela da Química Crítica-Reflexiva, é preciso buscar ampliar as discussões dessa disciplina no sentido da formação da cidadania e sua relação com o mundo, articulando-a, obviamente, com os elementos conceituais, representacionais e fenomenológicos da Química.

Nota

[1] A proposta original do texto foi apresentada no XVIII Encontro Centro-Oeste de Debates sobre o Ensino de Química, realizado em 2021. Após ser selecionado dentre os trabalhos desse evento para submissão ao número especial da QNEsc, aqui está a proposta de sua expansão e complementação da discussão.

Tavane da Silva Rodrigues (rodriguestavane1@gmail.com), licenciada em Química pela Universidade Federal de Pelotas e mestranda em Ensino de Química no programa de pós-graduação em Química da UFPel. Pelotas, RS - BR. **Fernanda Karolaine Dutra da Silva** (fernandadutraa5@gmail.com), licencianda em Química da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS - BR. **Bruno dos Santos Pastoriza** (bspastoriza@gmail.com), licenciado em Química, mestre e doutor em Educação em Ciências Química pela Universidade Federal do Rio Grandedo Sul, é professor adjunto na Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS - BR. **Fábio André Sangiogo** (fabiosangiogo@gmail.com), graduado em Química-Licenciatura, mestre em Educação nas Ciências pela UNIJUÍ e doutor em Educação Científica e Tecnológica pela UFSC, é professor no Centro de Ciências Químicas Farmacêuticas e de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS - BR. **Vitória Schiavon da Silva** (vitoriaschiavondasilva@gmail.com), graduada em Química pela Universidade Federal de Pelotas. É mestranda no Programa de Pós Graduação em Química na UFPel. Pelotas, RS - BR. **Alessandro Cury Soares** (alessandrors80@gmail.com), bacharel e licenciado em Química pela Universidade Federal de Pelotas, mestre em Educação em Ciências Química da Vida e Saúde e doutor em Educação em Ciências: Química da vida e saúde pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, é professor Adjunto no Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS - BR.

Referências

ALVES, C. T.; CAVALCANTI, J. G. e NETO, J. E. Uma sequência didática para abordagem do tema lixo eletrônico no ensino de Química. *Educação Química en punto de vista*, v. 2, n.1, p. 125-143, 2018.

ALVES, F. R. V. Didática das ciências e matemática (DCEM): surgimento e implicações para a formação do professor. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 22, n. 3, p. 291-320, 2017.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Trad. E. Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BOUAYAD, A.; KADDARI, F.; LACHKAR, M. e ELACHQAR, A. Conceptions of the First-Year License Students on the Concept "Chemical Bond". *Journal of Modern Education Review*, v. 5, n. 7, p. 686-693, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular* (BNCC). Educação é a Base. Brasília: MEC, 2017a.

BRASIL. Ministério da Educação. *PNLD 2018*: apresentação. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2017b.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais* (PCN) – Ciências Naturais. Brasília, MEC/SEF, 2000.

CLEOPHAS, M. G.; CAVALCANTI, E. L. D.; SOUZA, F. N. e LEÃO, M. B. C. Jogo de realidade alternativa (ARG) como estratégia avaliativa no Ensino de Química. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 25, n. 2, p. 198-220, 2020.

CRUZ, C. M. De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: Una aproximación a la enseñanza-aprendizaje de la geología. *Enseñanza de las ciencias*, v. 16, n. 2, p. 323-330, 1998.

DUARTE, N. As pedagogias do aprender a aprender e algumas ilusões da assim chamada sociedade do conhecimento. *Revista Brasileira de Educação* (Campinas), v. 18, p. 22-34, 2001.

FONSECA, M. R. M. *Química 1* – Ensino médio, 2ª. ed. São Paulo, Ática, 2016.

FRISON, M. D. e DEL PINO, J. C. Química: um conhecimento científico para a formação do cidadão. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, v. 1, n. 1, p.36-50, 2011.

GABEL, D. Improving teaching and learning through chemistry education research: a look to the future. *Journal of Chemical Education*,v. 76, n. 4, p. 548-554, 1999.

GAGLIARDI, R. Como utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 3, p. 291-296, 1988.

GALIAZZI, M.; ROCHA, J. M. B.; SCHMITZ, L. C.; SOUZA, M. L.; GIESTA, S. e GONÇALVES, F. P. Objetivos das atividades experimentais no Ensino Médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de Ciência. *Ciência e Educação*, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

GILBERT, J. K. e TREAGUST, D. Introduction: Macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: key models in chemical education. *In*: Gilbert, J. K. e Treagust, D. (Eds.) *Multiple representations in chemical education*. The Netherlands: Springer, 2009, p. 1-9.

GKITZIA, V.; SALTA, K. e TZOUGRAKI, C. Students' competence in translating between different types of chemical representations. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 21, n. 1, p. 307-330, 2020.

JOHNSTONE, A. H. Macro and microchemistry. *School Science Review*, v. 64, n. 227, p. 377-379, 1982.

JOHNSTONE, A. H. Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 7, n. 2, p. 49-63, 2006.

LABARCA, M. Acerca de la naturaleza de la química: algunos comentarios. *Educación en la Química* - Revista de la Asociación de docentes en la Enseñanza de la Química de la República Argentina, v. 15, n. 2, 2009.

LIMA, J. O. G. Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química. *Revista Espaço Acadêmico*, n. 136, p. 95-101, 2012.

LIMA, M. E. e BARBOZA, C. Ideias estruturadoras do pensamento químico: uma contribuição ao debate. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 39-43, 2005.

LOPES, A. R. C. *Conhecimento escolar*: ciência e cotidiano. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.

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

MELO, V. F. e SILVA, J. L. P. B. Os níveis de pensamento químico de Johnstone são níveis? In: *Anais do 20º Encontro Nacional de Ensino de Química* (ENEQ Pernambuco). Recife (PE) UFRPE/UFPE, 2020. Disponível em: http//www.even3.com.br/anais/ENEQPE2020, acesso em ago. 2022.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MORAES, R. e GALIAZZI, M. C. *Análise textual discursiva*. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2007.

NOVAIS, V. L. D. e ANTUNES, M. T. *Vivá*: Química - ensino médio, v. 1. Curitiba: Positivo, 2016.

OKI, M. C. M. O conceito de elemento da antiguidade à modernidade. *Química Nova na Escola*, n. 16, p. 21-25, 2002.

OLIVEIRA, F. V.; CANDITO, V. e BRAIBANTE, M. E. F. O uso dos sentidos, olfato e paladar, na percepção dos aromas: uma oficina temática para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 44, n. 1, p. 57-64, 2022.

ORNELLAS, J. F. e SILVA, L. C. O Ensino Fundamental da BNCC: proposta de um currículo na contramão do conhecimento. *Revista Espaço do Currículo*, v. 12, n. 2, p. 309-325, 2019.

PASTORIZA, B. S. Ensaio sobre intencionalidade pedagógica e tradição: um tensionamento como princípio educativo. *Acta Scientiarum* - Education, v. 44, n. 1, e52706, 2022.

PASTORIZA, B. S. e DEL PINO, J. C. A Educação Química em discurso: uma análise a partir da revista Química Nova na Escola (1995-2014). *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 2, p. 204-219, 2017.

PAULING, L. The Nature of the Chemical Bond. *Journal of Chemical Education*, v. 69, n. 7, p. 519-521, 1992.

PEDRUZZI, A. N.; SCHMIDT, E. B.; GALIAZZI, M. C. e PODEWILS, T. L. Análise Textual Discursiva: os movimentos da metodologia de pesquisa. *Atos de Pesquisa em Educação*, v. 10, n. 2, p. 584-604, 2015.

PETILLION, R. J. e McNEIL, W. S. Johnstone's Triangle as a pedagogical framework for flipped-class instructional videos in introductory chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 97, n. 6, p. 1536-1542, 2020.

RAPPOPORT, L. T. e ASHKENAZI, G. Connecting levels of representation: emergent versus submergent perspective. *International Journal of Science Education*, v. 30, n. 12, p. 1585-1603, 2008.

REID, N. The Triangle Model: the contribution of the late Professor Alex H. Johnstone. *Journal of Science Education*, v. 2, n. 1, p. 47-61, 2020.

ROSA, M. e ROSSI, A. (Org.). *Educação Química no Brasil*: memórias, políticas e tendências. Campinas: Átomo, 2012.

SANTOS, W. L. P. A Química e a formação para a cidadania. *Educación Química*, v. 22, n. 4, p. 300-305, 2011.

SANTOS, W. L. P. Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças. *Amazônia*: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, v. 9, n. 17, p. 49-62, 2012.

SANTOS, W. L. P. e SCHNETZLER, R. P. Função social: o que significa ensino de química para formar cidadão? *Química Nova na Escola*, n. 4, p. 28-34, 1996.

SILVA, C. S. e MESSEDER NETO, H. S. O ensino de química como unidade dialética entre os níveis macroscópicos e submicroscópicos: para além do triângulo do Johnstone. *Revista Exitus*, v. 11, p. 201, 2021.

SJÖSTRÖM, J. Towards Bildung-Oriented Chemistry Education. *Science & Education*, v. 22, p. 1873-1890, 2013.

SJÖSTRÖM, J. e TALANQUER, V. Humanizing Chemistry Education: from simple contextualization to multifaceted problematization. *Journal of Chemical Education*, v. 91, n. 8, p. 1125-1131, 2014.

SOUZA, R. S. e GALIAZZI, M. C. O jogo da compreensão na análise textual discursiva em pesquisas na educação em ciências: revisitando quebra-cabeças e mosaicos. *Ciência & Educação* (Bauru), v. 24, n. 3, p. 799-814, 2018.

TABER, K. S. Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 14, n. 2, p. 156-168, 2013.

TABER, K. S. The Nature of the Chemical Concept: Re-constructing Chemical Knowledge in Teaching and Learning. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2019.

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, 2010.

ÜNAL, S.; ÇALIK, M.; AYAS, A. e COLL, R. K. A review of chemical bonding studies: needs, aims, methods of exploring students' conceptions, general knowledge claims and students' alternative conceptions. *Research in Science & Technological Education*, v. 24, n. 2, p. 141-172, 2006.

WARTHA, E. J. e REZENDE, D. B. A elaboração conceitual em química orgânica na perspectiva da semiótica Peirceana. *Ciência & Educação* (Bauru), v. 21, n. 1, p. 49-64, 2015.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L. e BEJARANO, N. R. Cotidiano e contextualização no ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

WELTER, A. L.; PICINATO, J. C. S.; ESKELSEN, R. A.; LUEBKE, S. C.; BARON, S. F. F. e SILVA, A. C. A. A abordagem histórica no ensino de química: uma análise de livros didáticos. 37º Encontro de Debates de Ensino de Química (37º EDEQ), *Anais...* Rio Grande: FURG, 2017.

YOUNG, M. F. D. O futuro da educação em uma sociedade do conhecimento: o argumento radical em defesa de um currículo centrado em disciplinas. *Revista Brasileira de Educação*, v. 16, n. 48, p. 609-623, 2011.

Abstract: *Analysis on the production of chemical knowledge: the concept of chemical bond in textbooks.* Results of an investigation involving knowledge about chemical bonds in High School Chemistry textbooks are presented in this text. As a theoretical basis, the proposals of Sjöström and Talanquer (2014) and Mahaffy (2004) were used. The authors propose that the productions of knowledge in Chemistry is developed by the articulation of vertices of a tetrahedron that represent the macroscopic, symbolic, submicroscopic and human elements levels. The human element is organized into three subdivisions, called Applied Chemistry, Socio-Chemistry and Critical-Reflexive Chemistry. Taking these three levels of the human element of knowledge production as *a priori* categories to discuss the production of school knowledge in chemistry, a Discursive Textual Analysis in Chemistry textbooks was carried out with a focus on discussions on chemical bonds. The results indicate that the proposals in the books were more focused, in terms of the human element, at the level of Applied Chemistry (63%), with Socio-Chemistry (23%) and Critical-Reflexive Chemistry (14%) in minor relevance in discussions. It was also observed that there were few cases of more intense articulations between the other vertices of the tetrahedron. With these results, we are heading towards a need to expand the discussions of Chemistry in a sense of seeking more critical-reflective elements, while the sets of the knowledge involved in the vertices of the tetrahedron are articulated in an expanded understanding of this area.

Keywords: textbook contents, chemical bond, fundamental concepts.