Artigo

Contradições e Equívocos Conceituais em Livros Didáticos de Química do Ensino Médio Quanto ao Conceito e à Classificação de Sais**Abrantes, P. G.;* Resende Filho, J. B. M.; Simões, A. S. M.***Rev. Virtual Quim.*, 2020, 12 (2), 516-535. Data de publicação na Web: 17 de Abril de 2020<http://rvq.sbq.org.br>**Contradictions and Misconceptions in High School Chemistry Textbooks About the Concept and Classification of Salts**

Abstract: The didactic book is an important knowledge-guiding instrument used in teaching-learning processes. Usually, it is the only educational media used in the classroom by teachers at several levels of education. However, many books present conceptual errors that can lead to confusion and hinder the teaching-learning process. Thus, the present paper brings an investigation of the salt concept present in High School textbooks of Chemistry, in order to identify and discuss possible misconceptions. A bibliographical research was used as a method for collecting data, using a qualitative approach, in which the concepts found in the High School textbooks were compared with those present in Undergraduation and Graduation Chemistry books, IUPAC Gold Book and scientific articles. Results show several conceptual misconceptions, poor definitions and ideas that do not conform to scientific language: use of erroneous synonyms, classification of salts as chemical function, use of the term “hydroxyl” as equal to “hydroxide”, among others.

Keywords: Chemistry textbooks; PNLEM; salts classification.

Resumo

O livro didático pode ser um instrumento norteador de conhecimento utilizado na construção de saberes. Na maioria das vezes, é a única mídia educacional utilizada em sala de aula pelos professores nos mais diversos níveis de ensino. Entretanto, muitos livros usados apresentam erros conceituais que podem gerar confusões e dificultar o processo de ensino-aprendizagem. Assim, o presente trabalho traz uma investigação do conteúdo de Sais presentes nos livros didáticos de Química do Ensino Médio, a fim de identificar e discutir possíveis equívocos. Para tanto, foi utilizado como método para coleta de dados a pesquisa bibliográfica, com uso de uma abordagem qualitativa, no qual foram comparados conceitos encontrados nos livros didáticos de Química do Ensino Médio com livros usados no Ensino Superior, o Gold Book da IUPAC e artigos científicos. Identificou-se a presença de diversos equívocos conceituais, definições ralas e ideias que não condizem com a linguagem científica, tais como: uso de sinônimas errôneas, classificação de sais como função química, uso do termo “hidroxila” para tratar do termo “hidróxido”, dentre outros.

Palavras-chave: Livros didáticos; PNLEM; classificação de sais.

* Instituto Federal da Paraíba, Campus Sousa, Rua Presidente Tancredo Neves, s/n. Jardim Sorrilândia, CEP 58805-345, Sousa-PB, Brasil.

polianaabrantes2015@gmail.com
DOI: [10.21577/1984-6835.20200041](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200041)

Contradições e Equívocos Conceituais em Livros Didáticos de Química do Ensino Médio Quanto ao Conceito e à Classificação de Sais

Poliana Gomes de Abrantes,^{a,*} João Batista M. de Resende Filho,^a Anderson S. de Medeiros Simões^b

^a Instituto Federal da Paraíba, Campus Sousa, Rua Presidente Tancredo Neves, s/n – Jardim Sorrilândia, CEP 58805-345, Sousa–PB, Brasil.

^b Instituto Federal da Paraíba, Campus João Pessoa, Avenida 1º de Maio 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, João Pessoa–PB, Brasil.

*polianaabrantes2015@gmail.com

Recebido em 22 de Novembro de 2019. Aceito para publicação em 24 de Fevereiro de 2020

1. Introdução
2. Um Breve Resumo Sobre Sais
3. Análise dos Livros Didáticos
 - 3.1. Conceitos de sais
4. Sal é uma Função Inorgânica?
5. Hidróxido ou Hidroxila: Qual o Termo Adequado?
6. Classificação de Sais
7. Considerações Finais

1. Introdução

Os sais estão presentes no cotidiano dos seres humanos nas mais diferentes atividades, tais como: 1) o cloreto de sódio, NaCl, utilizado como tempero no preparo de alimentos (sal de cozinha); 2) o bicarbonato de sódio, NaHCO₃, utilizado como antiácido estomacal; 3) o sulfato de cálcio, CaSO₄, usado na fabricação de giz escolar; 4) o sulfato de cobre pentaidratado, CuSO₄·5H₂O, usado na preservação de madeiras; 5) o sulfato de magnésio, MgSO₄, utilizado como laxante; dentre outros. Apesar da presença praticamente ubíqua dos sais em nossas atividades, poucos alunos conseguem perceber a importância de se estudar estes compostos. “Por que estudar determinados conceitos químicos? De que forma pode-se aplicar este conhecimento no dia a dia?

Qual a importância desse assunto para mim?” Esses e outros questionamentos similares são comuns durante as aulas de Química, tendo em vista que a maioria dos alunos não consegue enxergar uma aplicação/utilização prática daqueles conhecimentos em suas vidas. Essa visão é reforçada quando a abordagem de conceitos químicos se dá pela mera memorização e repetição de definições e classificações, apreensão de regras matemáticas práticas para resolução de exercícios e desvinculação entre os próprios conceitos químicos (uma espécie de descontinuidade do conhecimento), assim como com as atividades presentes no cotidiano dos alunos.^{6,21}

O conteúdo de sais geralmente é abordado nos livros de Química do 1º ano do Ensino Médio, logo após a abordagem dos conceitos de ácidos e bases (hidróxidos) inorgânicos. Os livros didáticos (LDs) ainda se constituem no recurso didático

mais usado no processo de escolarização, nos mais diversos níveis e modalidades de ensino.¹² Os LDs do Ensino Médio utilizados nas escolas são importantes mediadores de conhecimento para a evolução e desenvolvimento dos discentes, pois orienta professores e alunos dando suporte quanto aos conteúdos e atividades, contribuindo para uma aprendizagem mais efetiva.¹⁸

Embora a maioria dos LDs apresentem similaridades quanto aos conceitos trabalhados em seus volumes, a forma como eles são abordados diferem. Determinados conceitos podem estar mais detalhados ou aprofundados em um livro A do que em um segundo livro B; ou aqueles conceitos podem estar inseridos dentro de um tema que não é trabalhado no livro B, mas que é abordado no livro A; ou ainda, o mesmo conceito pode ser apresentado de modos dessemelhantes (ou iguais) através de abordagens de temas distintos. Essas diferenças presentes nesses recursos pedagógicos devem-se a diferentes visões e concepções epistemológicas e ontológicas do(s) autor(es) desses materiais. Além dessas distintas abordagens de um conceito químico, equívocos podem ocorrer durante a elaboração daqueles, tais como erros de digitação, edição, interpretação, tradução etc.

No que tange à abordagem do conteúdo “conceito e classificação de sais”, percebemos algumas diferenças significativas (e contraditórias) na forma como os conceitos enquadrados nesse tópico/tema são abordados nos LDs. Considerando o exposto, o presente trabalho consiste na investigação das distintas formas de abordagem do tema/conteúdo “conceito e classificação de sais” em livros didáticos de Química do Ensino Médio (preferencialmente aqueles aprovados no PNLD 2018-2020), tendo como referencial teórico livros de química^{2,5,19} usados em cursos de graduação e o Gold Book da IUPAC.¹⁷

2. Um Breve Resumo Sobre Sais

De acordo com a *International Union of Pure and Applied Chemistry* (União Internacional de Química Pura e Aplicada – IUPAC), sal é todo composto constituído pela união de cátions e ânions.¹⁷ Embora esse conceito, na prática, seja generalista, ele consegue compreender uma extensa gama de compostos classificados como

sais, que não se limitam apenas ao conceito baseado na reação de neutralização ácido-base de Arrhenius. Segundo este, na forma como geralmente é apresentado nos LDs de Química, sal é todo composto que em solução aquosa libera pelo menos um cátion diferente de H^+ e pelo menos um ânion diferente de OH^- . O sal, portanto, seria o produto de uma reação de neutralização ácido-base, em que o cátion e o ânion que o constitui provém da base e do ácido de Arrhenius, respectivamente. Ainda segundo Arrhenius, conforme apresentado nos LDs, a reação de neutralização total ocorre quando os hidrogênios liberados reagem com os hidróxidos formando sal e água; já a parcial, quando os ácidos e as bases não se ionizam/dissociam completamente, sobrando no produto H^+ ou OH^- .

Um número considerável de LDs de Química do Ensino Médio abordam sais de acordo com a teoria de Arrhenius⁶ e categorizam o sal resultante da reação de neutralização conforme a presença de H^+ ou OH^- na sua composição (classificação constitucional). De acordo com esta, os sais que não contêm hidrogênios ionizáveis ou hidróxidos em sua composição são denominados sais neutros, enquanto os que possuem são classificados, respectivamente, como hidrogenossais e hidroxissais.

Os LDs também abordam o conteúdo de Sais como sendo uma função inorgânica, juntamente com outras: ácidos, bases e óxidos. Função química é o agrupamento de substâncias com propriedades semelhantes, entretanto, os sais não são funções, pois não apresentam propriedades similares entre si.⁶

Essa forma de exposição pressupõe que tais categorias sejam excludentes, o que não é verdade. Há sais que são ácidos, há óxidos que são bases [...] ou mesmo ácidos que são bases [dependendo da teoria ácido-base abordada]. Isso ocorre porque o comportamento das espécies químicas é sempre relativo (à outra espécie com que a interação é estabelecida) ou porque o próprio conceito inclui mais de uma das citadas categorias. [...] Instaura-se uma desgastante confusão, porque misturam-se critérios comportamentais, os únicos aceitáveis partindo do conceito estabelecido de função, com critérios constitucionais que são, por isso mesmo, completamente descabidos dentro da ideia apresentada para função.⁶

Além do conceito e do enquadramento (ou não) de sais como função química, o tópico referente à classificação desses compostos é amplamente utilizado. Os sais geralmente

são classificados segundo sua constituição ou funcionalidade.¹⁴ Conforme as ideias dos mesmos autores, a classificação funcional (Tabela 1) leva em consideração as propriedades das substâncias em soluções aquosas (se apresentam caráter ácido, básico ou neutro), enquanto que a classificação constitucional (Tabela 2) leva em consideração a composição química dessas substâncias em relação a: 1) presença de H^+ ou OH^- ionizáveis, 2) presença de moléculas de água de hidratação e 3) presença de mais de um cátion ou ânion diferentes entre si (e diferentes de H^+ e OH^-). Além das já mencionadas, vale a pena citar que em alguns LDs há ainda outras classificações, tais como a que considera a solubilidade dos sais (solúveis e insolúveis), assim como a presença de estrutura orgânica (sais orgânicos e inorgânicos).

Quanto à classificação funcional de sais, dependendo da força do par ácido-base conjugado do sal, a reação entre um ácido fraco e uma base fraca poderá resultar em soluções aquosas salinas ácidas, básicas ou neutras. Quando o K_a for igual ao K_b , a solução aquosa salina resultante será neutra ($pH \approx 7$ se $K_a = K_b$); se o K_a for maior que a K_b , ou seja, se a ionização do ácido for maior do

que a dissociação da base, a solução aquosa salina resultante será ácida ($pH < 7$ se $K_a > K_b$). Quando o K_a for menor do que o K_b , a solução aquosa salina resultante será básica ($pH > 7$ se $K_a < K_b$). Perceba também que na explicação dos “tipos” de sais na classificação funcional, não há a afirmação categórica de que eles sejam obtidos a partir de uma reação de neutralização ácido-base, mas sim que eles podem ser analisados como sendo obtidos através do determinado tipo de reação. Já sobre a classificação constitucional de sais vale a pena ressaltar que um determinado sal pode apresentar características que o enquadrem em mais de uma das classes. Como, por exemplo, o NaF que pode ser considerando tanto um sal normal quanto anidro; ou o di-hidrogenofosfato de sódio monohidratado, $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$, que pode ser classificado tanto como hidrogenossal quanto sal hidratado.

A relevância da classificação e seriação em Ciências está relacionada com a formação de grupos de objetos de estudo que apresentam semelhanças e que, por sua vez, facilitam a compreensão de alguns fenômenos a eles relacionados e podem auxiliar na previsão de outros. O ato de classificar,

Tabela 1. Classificação dos sais quanto à funcionalidade

Classificação	Conceito	Exemplos
Sais Neutros	Podem ser formados a partir de uma reação de neutralização total entre um ácido forte e uma base forte. Os íons provenientes de ácido-base fortes não sofrem hidrólise quando adicionados à água, pois preferem ficar na forma ionizada devido ao equilíbrio da reação, resultando em uma solução neutra com pH igual ou próximo a 7.	NaCl KCl Na_2SO_4
Sais Ácidos	Podem ser formados a partir de um ácido forte e uma base fraca e quando adicionados à água, o cátion do sal sofre hidrólise produzindo íons H_3O^+ , fazendo com que o pH da solução fique menor que 7 (ácido).	NH_4Cl $CaCl_2$
Sais Básicos	Podem ser formados a partir de uma base forte e um ácido fraco e quando adicionados à água, o ânion do sal sofre hidrólise produzindo íons OH^- , fazendo com que o pH da solução fique maior que 7 (básico).	H_3CCO_2Na K_2CO_3

Tabela 2. Classificação dos sais quanto à constitucionalidade

Classificação	Conceito	Exemplos
Sal Normal	Aqueles que não possuem cátion H^+ e ânion OH^- em sua composição; geralmente, oriundos de reação de neutralização total.	NaCl, NaF.
Hidrogenossal	Aqueles que apresentam H^+ em sua composição.	$NaHCO_3$, $CaHPO_4$.
Hidroxissal	Aqueles que apresentam OH^- em sua composição.	$Al(OH)_3$, $Ca(OH)_2$.
Sais hidratados	Aqueles que apresentam moléculas de água em sua composição.	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$.
Sal Anidro	Aqueles que não apresentam moléculas de água em sua composição.	$NaNO_3$, $BaCl_2$.
Sais Duplos ou Mistos	Aqueles que apresentam mais de um cátion ou mais de um ânion em sua composição.	$AlK(SO_4)_2$, $CaClBr$.

a princípio, torna os objetos e fenômenos mais fáceis de serem compreendidos.²⁵ A classificação de sais é importante para o ensino de Química no Ensino Médio, tendo em vista que ela pode auxiliar na compreensão do conceito, estrutura e comportamento dos sais através de comparações entre semelhanças e diferenças, além de possibilitar o entendimento de outros conceitos químicos a eles relacionados, tais como hidrólise salina, solubilidade, sólidos cristalinos, íons complexos etc.

Espera-se que a classificação dos compostos salinos no ensino de Química possibilite uma melhor compreensão sobre o objeto de estudo (os sais) e os fenômenos a ele associados (reações, efeitos salinos em água etc.). Entretanto, deve-se ter o cuidado na forma de abordagem nos materiais didáticos. Oliveira e Viveiros apresentaram um trabalho em que avaliavam o estudo de sais em LDs de Química sob uma perspectiva Ausubeliana²¹ e afirmam que a forma como a classificação de sais é apresentada em alguns LDs pode contribuir para a construção de uma falsa crença relacionada à previsibilidade do comportamento dessas substâncias em água, além da percepção errônea do conceito de sal e sua associação à construção de uma função química inorgânica.

3. Análise dos Livros Didáticos

Os livros didáticos (LDs) de Química analisados no presente trabalho (Tabela 3) foram selecionados com base em dois fatores: 1) livros aprovados pelo PNLEM (Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio), triênio 2018-2020 e 2) outros livros usados como fonte para o preparo de aulas por professores da região (LD5 e LD8). Como o conteúdo/tema relativo a sais geralmente é trabalhado no 1º ano do Ensino Médio, foram analisados o volume 1 de todos os LDs descritos na Tabela 3, com exceção do livro Química Cidadã de Wildson Santos e Gerson Mól (2016) que apresenta o conteúdo de “Sais” no volume 2.

Neste trabalho, buscou-se analisar como os LDs de Química do 1º ano do Ensino Médio, volume 1, (2º ano, volume 2, no caso do LD2) abordavam o conteúdo referente ao conceito e à classificação de sais: se estas eram baseadas em uma classificação funcional, constitucional ou ambas e se apresentavam conceitos divergentes. Os resultados dessa pesquisa apontam algumas diferenças e contradições entre as obras, que são apresentadas e discutidas a seguir.

Tabela 3. Informações e código de referência dos livros analisados no presente trabalho

Código	Livro	Autor	Editora	Ano
LD1	Química	Martha Reis M. da Fonseca	Ática	2016
LD2	Química cidadã	Wildson Luiz P. dos Santos e Gerson de S. Mól (coords.)	AJS	2016
LD3	Química	Eduardo F. Mortimer e Andréa H. Machado	Scipione	2016
LD4	Ser protagonista – Química	Julio Cezar F. Lisboa, Aline T. Bruni, Ana Luiza P. Nery, Rodrigo M. Liegel, Vera Lucia M. Aoki.	SM	2016
LD5	Química	Ricardo Feltre	Moderna	2008
LD6	Vivá – Química	Vera Lúcia D. de Novais e Murilo Tissoni Antunes	FTD	2016
LD7	Química	Carlos Alberto M. Ciscato, Luís F. Perreira, Emiliano Chemello e Patrícia B. Proti.	Moderna	2016
LD8	Química – Cotidiano e Transformações	Dallton Franco	FTD	2015

3.1. Conceito de sais

Os livros didáticos (LDs) de Química do Ensino Médio apresentam diferentes formas de explicar o conceito de sais. A maioria aborda o conteúdo de modo isolado, em determinados capítulos ou unidades, (exceto o LD3). Dentre aqueles, a definição destes compostos geralmente é trabalhada de forma explícita (LD1, LD2, LD4, LD5, LD6 e LD8), sendo a abordagem dedutiva a partir de exemplos do cotidiano e reações químicas presente apenas no LD7. Vale a pena ressaltar que esse quadro inicial não significa a ausência total de contextualização do conteúdo de sais nos LDs, pois há trechos para contextualização do tema em cada um dos respectivos materiais.

Todos os livros analisados abordam, de algum modo, o tema sais. Diferentemente dos demais, o LD3 não apresenta em nenhum de seus volumes o conceito de sais, embora utilize-se desse termo diversas vezes no volume 1, nos tópicos sobre solubilidade e fatores que afetam a solubilidade; reversibilidade de reações e ligações químicas (as ligações iônicas e classificação dos elementos químicos em metais, ametais e gases nobres). Vale a pena mencionar que no volume 2 do livro há um capítulo sobre nomenclatura de sais, embora nenhuma definição sobre esse conceito seja dada anteriormente. O LD3 foi elaborado sob uma perspectiva CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade), abordando temáticas contextualizadas e interdisciplinares.

A abordagem com enfoque CTS tem como objetivo explicar temáticas interdisciplinarmente, contextualizando e problematizando situações presentes na vida dos discentes visando formar cidadãos críticos conscientes capazes de tomar decisões e solucionar problemas existentes na sociedade em que vivem.²⁷ Além disso, a abordagem do conhecimento químico com enfoque CTS deve acontecer do nível macroscópico para o microscópico deixando de lado a extensão do conteúdo, apresentando apenas tópicos químicos fundamentais que levem utilidades à realidade dos discentes e reúnam saberes ambientais, políticos e sociocientíficos a fim de transformar a realidade em que estão inseridos.²⁸ O LD3 se enquadra nessa perspectiva, pois traz consigo todas essas características de um ensino CTS ao contextualizar problemas corriqueiros e apresentar soluções a partir dos temas químicos estudados em sala de aula. Os

trechos “a seguir são exemplos de abordagem CTS no LD3 cujo conceito de sais poderá ser abordado pelo professor no tratamento desses temas:

Apesar de ocupar dois terços da superfície terrestre, a hidrosfera representa apenas 0,025% da massa total da Terra. A água é, sem dúvida, o recurso da hidrosfera mais importante para o homem. Os oceanos, que ocupam 70,8% da superfície do planeta, com profundidade média de 4 quilômetros (km), constituem importante fonte de recursos vitais. Eles atuam como coletores de muitos materiais dissolvidos dos continentes que, ao longo do tempo, deram origem a uma imensa solução com 3,5% em peso de sólidos dissolvidos. [...] Apesar dessa variedade, poucos elementos da água do mar são aproveitados comercialmente. Os aproveitados são o cloro e o sódio, recuperado como cloreto de sódio por evaporação natural da água do mar em reservatórios rasos; [...] (LD3)

O primeiro processo por que passa a água dentro da estação de tratamento é a adição do sulfato de alumínio – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ – para formação de flocos com a sujeira da água. Esse produto é obtido por uma reação química entre óxido de alumínio (Al_2O_3) e o ácido sulfúrico (H_2SO_4). Para melhor eficiência desse processo, é utilizada uma substância conhecida como polieletrólito, cuja finalidade é aumentar os pesos dos flocos. (LD3)

Os trechos do LD3 citados anteriormente abordam a temática da água no planeta Terra e sua composição, assim como dos métodos de tratamento da água para requisitos de potabilidade. Embora nestes trechos os conceitos químicos sobre sais não sejam trabalhados de forma explícita, tal contexto permite aos professores abordá-los (definição, solubilidade, nomenclatura dos compostos etc.), quando, por exemplo, discute-se o papel do cloreto de sódio e do sulfato de alumínio nos respectivos processos e no impacto do uso desses materiais ao longo da história. Em trechos mais específicos do LD3 (no que tange ao conhecimento químico) é possível inferir, de forma mais direta, conceitos e classificações referentes a sais:

É interessante observar que os metais alcalinos e halogênios, opostos em relação ao caráter metálico, se combinam para formar sais bastante conhecidos, como cloreto de sódio (NaCl), o popular sal de cozinha, cloreto de potássio (KCl), iodeto de potássio (KI), etc. Esses sais são substâncias iônicas, formadas por cátions dos metais alcalinos e ânions dos halogênios [...]. (LD3)

Os sais solúveis de cobalto têm uma propriedade interessante de se combinarem com a água, produzindo soluções com cores diferentes da cor original do sal. Esses compostos hidratados, quando submetidos ao aquecimento ou ambientes muito secos, perdem essa água de hidratação e retornam à cor original. (LD3)

Ao explicar que os compostos como cloreto de sódio, cloreto de potássio, iodeto de potássio, entre outros, são sais e são formados de metais alcalinos com o grupo halogênio, o docente poderá, a partir desse ponto, estabelecer uma conexão para a construção da definição de sais, obtenção e classificação. Da mesma forma poderá acontecer com a discussão de sais solúveis de cobalto, pois o mesmo terá a oportunidade de tratar dos sais hidratados e anidros, sais complexos, assim como, também, trabalhar o conceito de solubilidade de um modo geral.

Ao nosso entendimento, os autores excluíram o conceito explícito de sais do LD3, como também suas classificações, por não serem essenciais para a elucidação dos problemas CTS abordados no determinado material, evitando-se tomar um caminho conteudista e/ou cometer equívocos conceituais devido a simplificações exíguas dos referidos conceitos, como pode ser percebido em outros LDs. Gostaríamos de ressaltar que não estamos afirmando que a abordagem CTS é caracterizada meramente pela simplificação de conceitos científicos a eventos do cotidiano. Nós entendemos que tal forma de ensino se caracteriza por uma mútua adaptação de conhecimentos, necessária ao entrosamento entre aqueles do senso comum e os do meio escolar/científico. Entretanto, percebemos que essas mútuas adaptações muitas vezes são trabalhadas de forma equivocada nos LDs, gerando problemas tais como: 1) mitigação dos conceitos científicos, tornando-os incompletos (simplificações exíguas), e/ou 2) substituição de conhecimentos científicos aos do senso comum. Esse quadro gera não apenas obstáculos epistemológicos no ensino de Química,³ como também dissemina a utilização de conceitos científicos equivocados e/ou errôneos.

No que tange à precisão terminológica na construção do conhecimento científico:

Um dos maiores obstáculos ao desenvolvimento do conhecimento humano advém da imprecisão dos termos utilizados na constituição dos saberes. Esta dificuldade gera confusões e inadequações de graves consequências. Ensina a Lógica Clássica que os termos podem ser unívocos, equívocos e análogos. Trabalha-se nas ciências, frequentemente, com termos análogos sem que se dê conta de que são motivos de desentendimentos e dificuldades de toda ordem. Termos de significados semelhantes, mas não idênticos devem ser esclarecidos, definidos, delimitados em sua compreensão para que se possa caminhar com maior segurança.³³

A despeito dos dois problemas mencionados anteriormente, originados a partir de abordagens equivocadas de conceitos científicos, o ensino de Química CTS é extremamente rico, pois permite que os alunos visualizem os elos que unem diversas Ciências, assim como as relações dessas com atividades antrópicas e/ou naturais comuns ao nosso dia a dia ou que tenham impactos (in) diretos em nossas vidas. A interdisciplinaridade e a contextualização são características praticamente indissociáveis desse tipo de abordagem,²⁸ todavia, é necessário muito cuidado na elaboração de materiais e/ou aulas nessa perspectiva de ensino, de modo que simplificações exíguas que venham a originar conceitos científicos errôneos ou equivocados sejam evitadas.

Após as considerações sobre a ausência do conceito de sais no LD3, apresentam-se os conceitos sobre sais enunciados nos demais livros analisados:

- LD1: conforme a teoria de Arrhenius, “sais são compostos capazes de se dissociar na água liberando íons, mesmo que em pequena porcentagem, dos quais pelo menos um cátion é diferente de H_3O^+ e pelo menos um ânion é diferente de OH^- ”. (LD1)
- LD2: “sal é uma classe de substâncias constituintes por cátions e ânions diferentes da hidroxila. [...] sal é toda substância que, em água, libera pelo menos um cátion diferente do próton H^+ e pelo menos um ânion diferente da hidroxila OH^- ”. (LD2)
- LD4: “substâncias iônicas que podem ser obtidas por meio de reações químicas entre ácidos e bases, chamadas reações de neutralização”. (LD4)
- LD5: “são compostos formados juntamente com a água na reação de um ácido com uma base de Arrhenius” (LD5) e “compostos iônicos que possuem, pelo menos, um cátion diferente do H^+ e um ânion diferente do OH^- ”. (LD5)
- LD6: considerando a teoria de dissociação iônica de Arrhenius, “[...] sais são compostos iônicos que têm pelo menos um cátion proveniente de uma base e um ânion proveniente de um ácido” (LD6) e “sais são compostos que podem ser obtidos pela reação de neutralização entre um ácido e uma base seguida da evaporação da água do sistema”. (LD6)

- LD7: não apresentam explicitamente o conceito de sais definindo-os a partir da reação de neutralização do ácido clorídrico com o hidróxido de sódio produzindo o sal cloreto de sódio e água:

[...] será considerada a reação entre uma solução aquosa de ácido clorídrico e outra de hidróxido de sódio. O HCl(aq) é um ácido forte, pois, em água, está quase totalmente ionizado. O NaOH é uma base forte, já que, em água, dissocia-se praticamente por completo. Os íons H^+ oriundos da ionização do HCl(aq) e os íons OH^- liberados em solução pela dissociação do NaOH tendem a se associar formando moléculas de água. [...] os íons Na^+ e Cl^- permanecem dissociados em solução aquosa, o que implica que esses íons efetivamente não participam da transformação em questão. Assim, o único produto da reação de neutralização de um ácido forte por uma base forte é a água. Se a água for removida, por evaporação, por exemplo, será obtido o cloreto de sódio (NaCl). **Esse material é classificado como um sal.** (LD7. Grifo nosso)

- LD8: “sais são compostos de caráter predominante iônico que, em meio aquoso, se dissociam liberando íons. Desses íons, pelo menos um cátion é diferente de H_3O^+ e pelo menos um ânion é diferente de OH^- .” (LD8)

De um modo geral, identificamos quatro características predominantes nos conceitos dados nos LDs de Química mencionados anteriormente: 1) caráter iônico; 2) produto de reações ácido-base; 3) composição química; e 4) solubilidade em água (Figura 1).

A) Caráter iônico

Como podemos observar na Figura 1 e nos conceitos mencionados anteriormente, sete dos livros analisados apresentam o conceito de sal reportando-se ao seu “caráter iônico” (vale ressaltar que o LD3 relaciona em alguns trechos sal com composto iônico). Além disso, considerando este último LD, quando os autores abordam o conteúdo de “Ligações Químicas”, conceituam uma ligação iônica utilizando a interação entre os íons que formam o composto cloreto de sódio, NaCl , e mencionam que não devemos tratar um composto iônico como tendo ligação 100 % iônica ou composto covalente como tendo ligação 100 % covalente, como mostra a citação do LD3:

Não existe uma fronteira rígida que permita dizer quando uma ligação é iônica ou covalente polar. Para muitos compostos formados por ligação covalente, o correto é falar em uma porcentagem de caráter iônico, já que em muitas situações esse caráter se manifesta. É o caso, por exemplo, do HCl , que, quando puro, apresenta-se sob a forma de um gás constituído por moléculas, mas em solução aquosa apresenta-se na forma de íons. Na maioria dos sólidos iônicos, também não temos uma ligação 100 % iônica. (LD3)

Tanto o LD1 quanto o LD2 apresentam a concepção de sais remetendo à ideia de que são compostos iônicos, pois alegam serem formados por cátions e ânions (em conformidade com o conceito presente no Gold Book da IUPAC), enquanto que o LD4, LD5 e o LD6 afirmam diretamente serem compostos iônicos (vide

Figura 1. Características mais comuns nos conceitos de sais dados pelos livros didáticos de Química do Ensino Médio analisados nesse trabalho

conceitos de sais). Para melhor compreendermos o que significa afirmar que um sal é um composto iônico, devemos entender como os autores dos respectivos LDs conceituam esse tipo de composto. Dentro do contexto dos LDs, um composto iônico é aquele formado por ligações iônicas, caracterizada da seguinte forma nos respectivos materiais didáticos:

- LD1: “Quando a diferença de eletronegatividade entre dois átomos de elementos químicos distintos é maior do que 1,6, a ligação entre eles é **predominantemente iônica**, ou seja, obtida pela formação de íons positivos e negativos que permanecem juntos por atração eletrostática.” (LD1. Grifo nosso)
- LD2: “Com a formação dos íons, passa a existir atração eletrostática entre essas espécies químicas: íons positivos (cátions) atraem íons negativos (ânions). Essa interação entre cátions e ânions é denominada **ligação iônica**”. (LD2. Grifo do autor)
- LD4: “Como o próprio nome sugere, a **ligação iônica** ocorre entre íons. Para que se atraiam, eles devem ter cargas opostas, isto é, um deles deve estar na forma de íon positivo (cátion), e o outro, na forma de íon negativo (ânion). [...] A ligação iônica é, portanto, resultado da atração eletrostática entre espécie de cargas opostas”. (LD4)
- LD5: “Ligação iônica é a união entre átomos, depois que um átomo transfere definitivamente um, dois ou mais elétrons a outro átomo”. (LD5)
- LD6: “Ligação iônica é um tipo de ligação química que se dá por meio da atração entre íons de cargas opostas. Os íons se formam graças à transferência de elétrons de um átomo para outro. [...]” (LD6. Grifo do autor).

Como podemos perceber nas definições anteriores, é estabelecido categoricamente o que é uma ligação iônica e, conseqüentemente, um composto iônico, sendo os sais caracterizados como tal. Nenhuma interrelação entre caráter iônico-covalente nas ligações interatômicas é apresentada nos LDs, embora o LD1 sugira um indicativo com a utilização do termo “predominantemente”.

Já o LD8 não afirma categoricamente os sais como compostos iônicos e/ou covalentes: “[...] sais são compostos com **caráter predominantemente**

iônico [...]” (LD8. Grifo nosso). Ele aborda a ideia de caráter (conjunto de características) predominante (aquele que predomina, prevalece; mais forte), inferindo, portanto, que esses compostos apresentam também um caráter não-iônico. Vale a pena mencionar que embora a ideia de um caráter não-iônico seja ressaltada pelo autor do LD8, não há o indicativo da coexistência de caracteres iônico e não-iônico na definição dos tipos de ligações químicas.

É importante lembrar que para a IUPAC sal é todo composto constituído pela união de cátions e ânions,¹⁷ o que, por conseguinte, nos remete à ideia de compostos iônicos. Ao pesquisarmos sobre os conceitos de ligações iônicas no Gold Book da IUPAC, encontramos o seguinte:

[A ligação iônica] é aquela que existe entre átomos com acentuada diferença de eletronegatividade. Em termos restritos, uma ligação iônica se refere à atração eletrostática existente entre partículas de cargas opostas (cátions e ânions), em contraste com uma ligação puramente covalente. Na prática, é preferível considerar porções de caráter iônico de uma ligação do que se referir a ela como uma ligação puramente iônica ou covalente. Essa relação de caráter iônico foi proposta por Linus Pauling e pode ser estimado matematicamente¹⁷ (Tradução nossa).

A rigidez impensada e limitada presente em determinados conceitos científicos em LDs de Química do Ensino Médio podem se constituir em equívocos conceituais e gerar obstáculos epistemológicos, tendo em vista que aquela pode não abranger a totalidade da compreensão de um dado fenômeno ou objeto de estudo, considerando o atual estado do desenvolvimento científico sobre estes.

O LD3 apresenta consonância com os conceitos da IUPAC, considerando a forma que apresenta ligações químicas. Ao compararmos as definições de ligação iônica presentes nos LD1, LD2, LD4, LD5 e LD6 com o conceito dado pela IUPAC, percebemos que apenas o LD1 descreve com mais coerência uma ligação iônica, já que ao utilizar a expressão “predominantemente iônica” nos remete à ideia da coexistência de caracteres iônicos e não-iônicos, assim como o LD8 que infere esses caracteres diretamente no conceito de sal. Nos demais LDs, percebe-se uma incompletude na relação entre os conceitos de ligações iônicas, compostos iônicos e sais: eles compreendem compostos iônicos (e conseqüentemente, sais) como aqueles que apresentam uma interação entre cargas opostas (ligações iônicas entre partículas carregadas) e não mencionam, em nenhum momento, que aqueles

compostos não devem ser tratados como puramente iônicos, ou seja, que há contribuições não-iônicas para as ligações entre as espécies carregadas.

Ainda no conceito de ligações iônicas, dado no LD1, podemos fazer uma observação sobre o limite que a autora define para enquadrar uma ligação como predominantemente iônica ou não. Ela afirma que quando a diferença de eletronegatividade entre os átomos que participam da ligação química for superior a 1,6, a ligação será majoritariamente iônica, ou seja, irá apresentar um caráter iônico superior a 50%. Como mencionado anteriormente no conceito dado pela IUPAC sobre ligação iônica, a ideia de caráter iônico foi inicialmente proposta por Pauling. A partir de valores de medidas experimentais do momento dipolar elétrico de compostos como o HCl, HBr e HI, ele propôs uma equação para determinar o caráter iônico de compostos químicos, sendo publicado no capítulo 2 do seu livro intitulado *The Nature of the Chemical Bond* (A Natureza da Ligação Química).²³ Nesse capítulo, quando a diferença de eletronegatividade entre os compostos era superior a 1,6, haveria a predominância do caráter iônico. Entretanto, em um artigo publicado posteriormente em 1952, Pauling propôs um ligeiro ajuste de $\pm 0,03$ na curva exponencial da equação obtida inicialmente:²⁴

$$\text{Caráter Iônico (C.I.)} = (1 - e^{-0,18 (X_a - X_b)}) \times 100$$

sendo X_a e X_b os valores de eletronegatividade dos átomos que constituem o composto investigado.

Após o determinado ajuste, apenas quando a diferença de eletronegatividade entre os

átomos que formam a ligação química for maior que 1,9 é que há a predominância do caráter iônico (>50 %). A Tabela 4 apresenta a diferença de eletronegatividade e o caráter iônico (em porcentagem) calculado a partir da equação ajustada.²⁴ Logo, considerando portanto o trabalho mais recente de Pauling sobre o caráter iônico, percebe-se um equívoco na definição de ligação iônica apresentada pela autora do LD1, pois o valor limítrofe da predominância do caráter iônico encontra-se desatualizado. Além disso, refletimos sobre o modo como a informação é apresentada no conceito do respectivo material didático: o valor 1,6 apresentado na definição não é mencionado nem justificado em nenhuma outra parte do livro. O aluno poderia se questionar o porquê desse valor: Ele foi escolhido aleatoriamente? De onde surgiu esse valor “mágico” de 1,6? A falta de elucidação do valor apresentado como limiar da predominância de ligações iônicas/covalentes pode acarretar na mera memorização de regras e valores sem o real entendimento desses. Além disso, a apresentação da construção da ideia de caráter iônico ao longo da história pode ser trabalhada em sala de aula, de modo que os alunos percebam a Ciência como um construto humano e não como descobertas prontas e completas feitas por alguns gênios. Em última instância, é importante frisar que mesmo aquelas ligações que apresentarem caráter predominantemente iônico ou covalente não significa que sejam exclusivamente um ou outro, mas que há a coexistência de ambos em maior ou menor proporção, conforme discutido pelos autores do LD3.

Tabela 4. Relação entre ligação de caráter iônico parcial e diferença de eletronegatividade

Diferença de Eletronegatividade	% de Caráter Iônico	Diferença de Eletronegatividade	% de Caráter Iônico	Diferença de Eletronegatividade	% de Caráter Iônico
0,0	0	0,9	17	1,8	44
0,1	1	1,0	20	1,9	47
0,2	2	1,1	23	2,0	51
0,3	3	1,2	26	2,2	58
0,4	5	1,3	29	2,4	64
0,5	7	1,4	32	2,6	70
0,6	9	1,5	35	2,8	75
0,7	11	1,6	38	3,0	80
0,8	14	1,7	41	3,2	83

Fonte: Adaptado de Pauling (1952)

No que tange a contribuições de caráter iônico e não-iônico nas ligações químicas, podemos também tecer algumas considerações sobre a Regra de Fajans, formulada por Kazimierz Fajans em 1923 e que também é usada para estimar a porcentagem de caráter iônico em uma ligação química. Se íons positivos e negativos são atraídos, o poder que um íon terá sobre o outro influenciará na natureza desta união.¹³ Quando íons de cargas opostas se aproximam, o cátion atrai os elétrons que ficam na camada mais externa do ânion repelindo seu núcleo carregado positivamente. Isto provoca uma deformação, distorção ou polarização (efeito que o cátion tem em distorcer o ânion) na carga negativa. Caso a polarização seja muito pequena, o resultado será a formação de uma ligação predominantemente iônica. Se houver um elevado grau de polarização, o resultado será a formação de uma ligação predominantemente covalente, ou seja, quanto maior for o poder de polarização, maior será a probabilidade de formar uma ligação covalente.²²

Além das implicações da noção de caráter iônico e covalente para a construção de um conceito consistente para sais, ainda podemos levantar outra problemática relacionada à predominância das ligações que formam esses compostos. Compostos como o cloreto de alumínio, AlCl_3 , por exemplo, que, segundo definições anteriores dos LDs seria enquadrado como sal, possuem ligações com caráter predominantemente covalente. Esse composto “consiste em uma rede tridimensional covalente, na qual os átomos de cloro formam pontes entre os átomos adjacentes de alumínio”.²⁶ Se utilizarmos a equação de Pauling,²⁴ encontramos que o AlCl_3 ($X_{\text{Al}} = 1,5$ e $X_{\text{Cl}} = 3,0$) apresenta apenas 35 % de caráter iônico. Outro autor também afirma que o AlCl_3 apresenta maiores características de uma substância molecular do que um composto iônico, ilustrando sua habilidade para formar uma quarta ligação covalente na presença de íons cloreto, Cl^- , conforme a equação $\text{AlCl}_3(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AlCl}_4^-(\text{aq})$.¹¹ Vale a pena ressaltar que essa habilidade do AlCl_3 em formar uma quarta ligação covalente é bastante explorada em síntese orgânica, pois essa espécie se comporta como um ácido de Lewis, podendo ser aplicada como catalisador em diversas reações tais como a alquilação e acilação de Friedel-Crafts, redução de Meerwein-Ponndorf-Verley, rearranjo de Fries, dentre outras.⁷

Desta forma, se considerarmos que todo sal é um composto predominantemente iônico, o

AlCl_3 não poderia ser considerado como um sal. Entretanto, nos LDs ele assim é classificado. O mesmo também seria válido para outros haletos de alumínio (e de outros metais), tais como o brometo e o iodeto. Esse embate de ideias sobre um conceito científico reflete bem as limitações deste, inferindo que a Ciência é um construto humano (portanto, incompleto) e que está em constante transformação, buscando sempre contornar os problemas de definições que surgem ao longo do tempo pelas diversas teorias elaboradas pelos sujeitos do conhecimento: nós.^{15,16} Entretanto, em nenhum dos livros abordados há a presença desse embate de ideias, desses questionamentos sobre os conceitos e suas limitações no que tange à definição de sais.

Considerando, portanto, a discussão anterior, os conceitos presentes no LD1, LD2, LD4, LD5 e LD6 cometem equívocos conceituais ao explanar sais como sendo compostos iônicos (e estes, por sua vez, formados categoricamente por ligações iônicas), uma vez que não há, com base em discussões acadêmico-científica vigentes, compostos 100 % iônicos e 100 % covalentes. Além disso, a não explanação das limitações de um determinado conceito científico pode passar aos alunos a ideia de que ele é conclusivo e perfeito. Considerando esse item (caráter iônico), o LD3 e o LD8 são os únicos que apresentam o conceito de modo mais adequado, pois abordam sais como compostos que são **predominantemente** iônicos. O termo destacado faz toda diferença no conceito de sais, pois você não taxa uma característica fixa a uma classe de compostos químicos que não irão necessariamente apresentá-la.

B) Solubilidade em água

A característica solubilidade está presente no conceito do LD1, LD2 e LD8 ao retratar sais como sendo compostos capazes de se dissociarem em solução aquosa. Entretanto, uma das formas de classificação de sais presentes em alguns dos livros didáticos (LD4, LD5 e LD8) leva em consideração sua solubilidade em água, classificando-os como solúveis e insolúveis. Com base nisso, o aluno poderia questionar: se na definição de sal há o indicativo/afirmativo de que eles são solúveis em água, como é que posso classificar um sal como insolúvel (que não se solubiliza)?

Existem algumas substâncias inorgânicas, como sulfato de cálcio, CaSO_4 , e haletos de prata,

AgX (em que X = Cl, Br, I), que são pouco solúveis, dissociando-se parcialmente em água.³⁰ Estes mesmos autores citam como exemplo o cloreto de prata, AgCl, pois a solução saturada deste sal apresenta quantidades significativas de moléculas não dissociadas, como também seus íons cloreto e prata. Desta forma, tomando como exemplo o AgCl, dois equilíbrios são estabelecidos para descrever o sistema (Figura 2)

Uma maior atenção em relação à solubilidade dos sais é encontrada no LD8 que tece considerações sobre a solubilidade dos mesmos após apresentação do conceito:

Ao adicionarmos um sal à água, observamos o processo de dissolução. Isso significa que os íons que compõem o retículo cristalino se desprendem e se dispersam pela água, formando um sistema homogêneo (solução). No caso de sais solúveis, o número de íons que se desprendem do retículo é grande. No caso de sais insolúveis, o número de íons que se desprendem é muito pequeno, não havendo total dissolução do retículo cristalino. A solubilidade de um sal é determinada de forma experimental. (LD8)

A Tabela 5 mostra a solubilidade de alguns sais e como estes são classificados (solúveis ou insolúveis) nos LDs analisados.

Portanto, ao classificar um sal (ou outro composto) como insolúvel, não significa dizer que todo o composto (100 %) estará na fase sólida: uma pequena parte dele estará solúvel no meio. Lembrando que os LDs mencionados não atribuem à característica solúvel a todo e qualquer sal; eles apenas inferem a ideia de

solubilidade em suas definições. Em termos de concentração em quantidade de matéria, pode-se estabelecer uma relação entre esta concentração e a determinada classificação quanto à solubilidade: 1) se esta última for inferior a 0,01 mol/L, o composto será considerado insolúvel; 2) se sua solubilidade estiver entre 0,01 e 0,1 mol/L, o composto será considerado moderadamente solúvel; 3) e, finalmente, se sua solubilidade for maior do que 0,1 mol/L, o composto será considerado solúvel.^{4,5} Vale a pena ressaltar que o LD4 destaca que tal característica não é intrínseca às substâncias (os sais), mas sim dependem de interações entre aquelas e o solvente (no caso, a água), assim como a temperatura na qual o processo de dissolução é realizado: “[a solubilidade dos sais] depende da intensidade das interações entre os íons do sal e as moléculas de água e da temperatura”. (LD4)

Ao utilizar a característica da solubilidade em água para a definição de sais, os autores devem ressaltar que mesmo aqueles considerados insolúveis apresentam pequenas quantidades dissolvidas no meio aquoso e que se encontram em equilíbrio com a fase sólida do sistema. Essas espécies que se encontram dissolvidas em menor quantidade irão caracterizar os cátions e ânions mencionados nesse mesmo conceito. Além disso, é importante que tanto os professores quanto os materiais didáticos de Química façam essa ressalva entre a dependência da solubilidade e as condições em que a dissolução é realizada.

Figura 2. Equilíbrios heterogêneo e homogêneo envolvidos no sistema formado por cloreto de prata e água

Tabela 5. Valores de solubilidade em água de diversos sais

Sal	Solubilidade em H ₂ O (T)	Classificação	Referência da classificação
NaNO ₃	91,2 g / 100 g de H ₂ O (25°C)	Solúvel	(LD8)
NaCl	36,0 g / 100 g de H ₂ O (25°C)	Solúvel	(LD8)
MgCl ₂	54,6 g / 100 g de H ₂ O (20°C)	Solúvel	(LD4)
BaSO ₄	3,1·10 ⁻³ g / 100 g de H ₂ O (20°C)	Insolúvel	(LD4)
CaSO ₄	0,2 g / 100 g de H ₂ O (20°C)	Insolúvel	(LD8)
Li ₂ CO ₃	1,31 g / 100 g de H ₂ O (20°C)	Solúvel	(LD8)
Fe(NO ₃) ₃	91,8 g / 100 g de H ₂ O (20°C)	Solúvel	(LD5)
AgNO ₃	245 g / 100 g de H ₂ O (-)	Solúvel	(LD5)
AgCl	1,9·10 ⁻⁴ g / 100 g de H ₂ O (20°C)	Insolúvel	(LD4)
AgBr	1,3·10 ⁻⁵ g / 100 g de H ₂ O (20°C)	Insolúvel	(LD5)

Fonte: Autoria própria. Os dados de solubilidade em água foram obtidos do banco de dados de moléculas *PubChem*, operado e mantido pelo *National Center for Biotechnology Information*.

C) Produto de reação ácido-base

Os conceitos presentes no LD4, LD5, LD6 e LD7 destacam que os sais são produtos de uma reação ácido-base de Arrhenius, o que, por sua vez, pode sugerir aos alunos que todo sal necessariamente é obtido através de reações de neutralização. Todavia, essa noção é equivocada e pode gerar dúvidas e se constituir em obstáculos epistemológicos no ensino de Química quando o professor trabalhar tópicos posteriores aos de sais. Por exemplo, no estudo da Química Orgânica, normalmente trabalhado no 3º ano do Ensino Médio, geralmente é ensinado como um composto orgânico (a ureia) foi obtido a partir de um inorgânico, cujos trabalhos foram iniciados com a síntese de um sal (o cianato de amônio, NH₄OCN) em solução aquosa, a partir da reação entre dois outros sais: o cloreto de amônio, NH₄Cl, e o cianato de prata, AgOCN.^{7,31} Assim como esse exemplo, diversos sais podem ser obtidos através de reações de dupla troca entre compostos salinos, como a formação de cloreto de prata, AgCl, e nitrato de sódio, NaNO₃, ao misturar soluções salinas aquosas de cloreto de sódio, NaCl, e nitrato de prata, AgNO₃:

Além disso, nem toda reação ácido-base produz um sal, pois, no estudo da Química, há vários conceitos ácido-base. De acordo com a teoria de Brønsted-Lowry, por exemplo, um ácido é aquele capaz de doar prótons e uma base é aquela capaz de receber prótons.^{5,10} Logo, ao reagir o ácido nitroso,

HNO₂, que se comporta como ácido de Brønsted-Lowry, com a água, H₂O, que age como uma base de Brønsted-Lowry obtém-se uma base e um ácido conjugado, que não são classificados como sais:

Outro tipo de reação que obtém sal como produto são aquelas envolvendo óxidos e ácidos e/ou óxidos e hidróxidos. Os óxidos podem ser categorizados em óxidos ácidos, básicos e anfóteros (que pode ter característica ácida ou básica, dependendo do meio reacional).⁸ Essa classificação está embasada nas propriedades químicas desses compostos, no que tange a reações com espécies ácidas e/ou básicas. Em síntese, óxidos ácidos reagem com bases e óxidos básicos reagem com ácidos, ambas produzindo sal e água. A reação entre óxido de alumínio (Al₂O₃) e hidróxido de sódio (NaOH), por exemplo, fornece o sal aluminato de sódio hidratado, NaAlO₂·2H₂O (representado, também, como NaAl(OH)₄). Este tipo de reação pode ser classificado como reação de neutralização ácido-base (embora não haja ácido de Arrhenius nessa reação), já que o Al₂O₃ é um óxido anfótero. Neste caso, ele assume a função de um ácido que neutraliza a base, NaOH, de acordo com a equação a seguir. É importante ressaltar que a fórmula do aluminato de sódio, NaAlO₂, pode sugerir a ideia de que o composto é um óxido; entretanto, o professor deve observar que o ânion nessa espécie é o aluminato, AlO₂⁻ (ou [Al(OH)₄]⁻, se considerar sua hidratação), e não o óxido, O²⁻.

D) Composição Química

Dentre as características presentes na definição de sais, a composição química, juntamente com o produto de reação ácido-base, apresenta a mesma porcentagem de presença nos conceitos de sais presentes nos LDs analisados: LD1, LD2, LD5 e LD8. Esses LDs expõem sais como sendo compostos que possuem cátions e ânions em sua composição, desde que haja pelo menos um cátion diferente de H_3O^+ e um ânion diferente de OH^- . Tal definição leva em consideração os conceitos ácido-base da Teoria de Arrhenius. Essa característica, comum em quase todos os LDs analisados, encontra-se em consonância com os conceitos apresentados tanto em livros trabalhados em cursos de graduação^{2,4,19} como no Gold Book da IUPAC.¹⁷ Entretanto, deve ser ressaltado que tal definição não implica, necessariamente, que todo e qualquer sal é obtido unicamente por reações de neutralização entre ácidos e bases de Arrhenius e que, também, não se deve inferir que, a partir desta similaridade constitucional é possível fazer previsões sobre o comportamento físico-químico dessas espécies em determinados sistemas, agrupando-os em um “grupo funcional”.

4. Sal é uma Função Inorgânica?

Função Química é o termo usado para se referir ao conjunto de espécies químicas que possuem propriedades semelhantes. Além disso, deve-se considerar o comportamento destas espécies ao interagirem em determinado meio – aquoso, por exemplo.⁶ Este agrupamento tem por finalidade facilitar o estudo e a compreensão de objetos e fenômenos, partindo de uma linha de raciocínio analítico-sintética.

A quantidade de compostos que estão inclusos como sais é imensa e é difícil (para não dizer inviável) enquadrar todos eles em um conjunto de características que os definam (as denominadas propriedades funcionais). Alguns dos LDs analisados (LD4, LD5 e LD6) apresentam e/ou mencionam sais como uma das funções inorgânicas existentes, como mostram as citações a seguir:

- LD4: não discute em nenhum momento sais como função inorgânica, porém,

intitula o capítulo referente a ácidos, bases, sais e óxidos como “Funções da Química Inorgânica”. Além disso, nomeia um tópico do início do capítulo como “Introdução às funções inorgânicas”. (LD4)

- LD5: “As principais **funções químicas inorgânicas** que iremos estudar neste capítulo são: os ácidos, as bases e os sais; os óxidos serão estudados no capítulo 10”. (LD5. Grifo nosso)
- LD6: “Ácidos, bases e sais representam grupos de substâncias que têm certas características comuns, o que permite estudá-las em conjunto; esses grupos constituem as principais **funções da Química Inorgânica**”. (LD6. Grifo nosso)

Os livros LD4, LD5 e LD6, além de se referirem a sais como funções inorgânicas, os descrevem indiretamente – exceto o LD5 que apresenta definição clara – como sendo o agrupamento de substâncias com características semelhantes. Como abordado inicialmente na introdução deste trabalho,⁶ essa categorização é inadequada, pois as propriedades que possibilitariam a separação desses compostos em grupos/classes não são uniformes a todos os compostos nelas inseridos. Existem sais que podem se comportar como ácidos, óxidos que podem assumir a função de uma base, ácidos que funcionam como bases etc. Isso se deve ao fato de que tais características estão relacionadas às interações dessas substâncias com o meio e às condições que lhe são fornecidas.

É interessante observar que no LD8 os autores inserem sais como uma classe funcional inorgânica para posteriormente dizer que tal classificação não é adequada:

Neste capítulo, estudaremos as **classes funcionais dos compostos inorgânicos**. De maneira geral, elas se dividem em ácidos, bases, sais e óxidos. Entretanto, evitaremos definições rígidas, pois acreditamos que a inserção de uma espécie química em uma outra classe funcional está relacionada a seu comportamento, e não a sua estrutura. Além disso, a divisão em quatro categorias distintas não é excludente, já que há óxidos que se comportam como ácidos ou mesmo bases. A classificação é sempre relativa a um meio, a uma outra espécie química ou a uma teoria. (LD8. Grifo nosso).

No que tange à abordagem de compostos inorgânicos como classes funcionais, alguns apontamentos devem ser feitos:

Para professores de química tanto do ensino médio como do ensino superior, um grande desafio que se coloca cotidianamente é tornar as aulas menos áridas sem, contudo, perder a profundidade que o

ensino dessa ciência demanda. Assim, entendemos que a manutenção de um tópico como funções inorgânicas vai no sentido oposto, destruindo nos estudantes o sentido da química como ciência em permanente construção e, ao mesmo tempo, reforçando a famosa decoreba que tanto afasta os estudantes do ensino médio do gosto pela química. [...] a abordagem do tema funções inorgânicas leva os estudantes somente a se prenderem a classificações quanto à composição, as quais não se traduzem em características semelhantes em reação.²⁹

Em linhas gerais, classificar sal como função é inadequado, pois além de gerar confusões entre critérios constitucionais e funcionais, contribui para tornar a Química uma Ciência enfadonha, a qual a maioria dos alunos memoriza os conteúdos por não conseguir compreendê-los.^{6,21,29} O professor deverá estar atento a possíveis abordagens equivocadas desses compostos como funções inorgânicas nos LDs de Química adotados em suas escolas.

5. Hidróxido ou Hidroxila: Qual o Termo Adequado?

Embora os termos hidróxido e hidroxila pareçam similares e apresentem a mesma composição elementar (OH), existem diferenças entre esses termos. No LD2, LD5 e LD6 foi identificado que os termos íon hidróxido e hidroxila são tratados de forma equivalente, o que não é adequado. No caso do LD2, o termo hidroxila é usado na definição de sal, enquanto que no LD5 e LD6 esse termo é usado na parte de classificação de sais. “Hidroxila” é o termo utilizado para tratar o grupo de átomos eletricamente neutro (-OH) ligado às moléculas (geralmente orgânicas) por intermédio de uma ligação predominantemente covalente, não disponível em sua forma livre. Já o termo “hidróxido” refere-se à forma livre, como ânion (OH⁻), cuja carga negativa localiza-se no átomo de oxigênio. Este íon pode ser identificado em compostos com ligação predominantemente iônica, atuando como a parte negativa destes compostos. Esse ânion, inclusive, é o responsável pela caracterização de bases de Arrhenius (hidróxidos) e pela basicidade de um sistema, pOH (potencial hidroxiliônico).¹⁷

Vale a pena ressaltar que na edição anterior do LD2, no capítulo sobre sais, o íon OH⁻ era tratado como hidróxido; porém, na sua nova edição, ele

passou a ser tratado como hidroxila, apresentando, portanto, uma inconsistência das terminologias usadas no respectivo material didático. Além dos três LDs mencionados anteriormente, o LD4 refere-se apenas uma única vez ao OH⁻ como hidroxila, como é possível observar a seguir: “a neutralização parcial ocorre quando nem todos os átomos de hidrogênio ionizáveis do ácido ou nem todas as **hidroxilas** da base são neutralizados” (LD4. Grifo nosso), sendo que em todas as outras ele o descreve utilizando o termo hidróxido.

Por fim, nós temos uma diferença entre os termos “hydroxy” (hidróxi) e “hydroxyl” (hidroxila). Recomenda-se o uso do primeiro para o grupo OH ligado à moléculas (geralmente orgânicas), enquanto que o segundo é usado para se referir a forma radicalar do grupo, •OH.¹⁷ Em livros e artigos na área de Química, escritos em língua portuguesa, não foi observada diferenciação entre o uso do termo hidroxila, sendo este usado tanto para se referir ao grupo OH quando ligado a uma determinada molécula como à forma radicalar desta espécie. O termo “hidróxi”, por sua vez, só é utilizado em nomenclaturas de compostos orgânicos, quando da ocorrência de funções mistas, tais como aquelas que apresentem o grupo carbonila e o grupo hidroxila em uma mesma estrutura. Nesses casos, o grupo OH é compreendido como ramificação, recebendo a terminologia “hidróxi”.

6. Classificação de Sais

Os livros didáticos estudados (com exceção do LD3) caracterizam os sais segundo sua constituição ou funcionalidade. Porém, alguns apresentam equívocos e contradições ao tratarem da classificação dos sais, podendo gerar confusões nas mentes dos estudantes. A Tabela 6 apresenta as classificações presentes nos LDs analisados.

No LD1, a classificação de sais trabalhada pela autora é a funcional, classificando os sais como neutros, ácidos ou básicos, de acordo com o disposto na Tabela 6. Apesar de não citar a água, a autora explica em parágrafo anterior que “[...] o cátion do sal **vem de uma base**, e o ânion do sal **vem de um ácido**, e a **solução aquosa** obtida poderá ter um caráter neutro, ácido ou básico, que depende diretamente da força da base e da força do ácido que deram origem a esse sal” (LD1. Grifo

Tabela 6. Síntese das classificações de sais presentes nos LDs analisados

Livro didático	Classificação Abordada	Conceitos
LD1	Funcional	<p>Neutro: “possui cátion proveniente de base forte e ânion proveniente de ácido forte ou, então, possui cátion proveniente de base fraca e ânion proveniente de ácido fraco”. (LD1)</p> <p>Básico: “possui cátion proveniente de base forte e ânion proveniente de ácido fraco”. (LD1)</p> <p>Ácido: “possui cátion proveniente de base fraca e ânion proveniente de ácido forte”. (LD1)</p>
LD2	Funcional	<p>Neutro: “são aqueles que quando dissolvidos em água, não altera seu pH”. (LD2)</p> <p>Básico: “são geralmente oriundos de ácidos fracos e, quando dissolvidos em água, reagem fazendo com que o pH da solução fique maior que 7”. (LD2)</p> <p>Ácido: “são geralmente oriundos de base fraca e quando dissolvidos em água, reagem fazendo com que o pH da solução fique menor do que 7”. (LD2)</p>
LD3	—	—
LD4	Constitucional e quanto à solubilidade em H ₂ O	<p>Sais normais: “apresentam um único tipo de cátion e um único tipo de ânion. Podem ser obtidos pela neutralização total de ácidos e bases”. (LD4)</p> <p>Hidrogenossais: “contam com um ou mais átomos de hidrogênio ionizáveis. Podem ser obtidos pela reação de neutralização parcial de um ácido poliprótico (ácido que apresenta dois ou mais átomos de hidrogênio ionizáveis por molécula) por uma base”. (LD4)</p> <p>Hidroxissais: “possuem um ou mais íons hidróxido e podem ser obtidos pela reação de neutralização parcial de uma polibase (dois ou mais OH⁻) por um ácido”. (LD4)</p> <p>Sais duplos ou mistos: “apresentam dois tipos de cátion ou dois tipos de ânion. Podem ser obtidos pela reação de neutralização total de uma base por dois ácidos ou de um ácido por duas bases”. (LD4)</p> <p>Sais hidratados: “apresentam água em sua estrutura cristalina”. (LD4)</p> <p>Sais anidros: “não há água em sua estrutura cristalina”. (LD4)</p> <p>Quanto à solubilidade em água: “a solubilidade de um sal em água depende da intensidade das interações entre os íons do sal e as moléculas de água e da temperatura”. (LD4)</p> <p>Sais normais ou neutros: “[...] uma reação é de neutralização total quando reagem todos os H⁺ do ácido e todos os OH⁻ da base. O sal assim formado é chamado de sal normal ou neutro”. (LD5)</p> <p>Sais ácidos ou hidrogenossais: “são sais que apresentam hidrogênios ionizáveis em suas estruturas”. (LD5)</p> <p>Sais básicos ou hidroxissais: “são sais que apresentam hidroxilas em suas estruturas”. (LD5)</p>
LD5	Constitucional, Funcional e quanto à solubilidade em H ₂ O	<p>Quanto à solubilidade em água: apresenta tabela com classificação de alguns sais em solúveis e insolúveis nas páginas 256 e 257.</p> <p>Classificação funcional: “as soluções aquosas dos sais neutros, ácidos ou básicos podem não ser, respectivamente, neutras (pH = 7); ácidas (pH < 7) ou básicas (pH > 7). [...] Podemos dizer que o fato de a solução aquosa de um sal ser ácida ou básica depende do ácido e da base que deram origem ao sal em questão. Observa-se que: quando o ácido é mais forte que a base, a solução será ácida; quando a base é mais forte que o ácido, a solução será básica. Esse fato pode levar a situações aparentemente contraditórias. Por exemplo, o NaHCO₃ é um sal classificado como sal ácido (devido à presença do H⁺), mas que produz uma solução de caráter básico (porque resulta da reação entre NaOH — base forte — com o H₂CO₃ — ácido fraco)”. (LD5)</p> <p>Sais normais: “são aqueles que podem ser obtidos pela neutralização total de um ácido por uma base. Eles não contêm grupo OH⁻ ou H⁺”. (LD6)</p>
LD6	Constitucional	<p>Hidrogenossais: “aqueles que têm um só tipo de cátion e cujo ânion contém um ou mais hidrogênios ionizáveis. [...] formam-se quando apenas parte dos H ionizáveis de um poliácido é neutralizado por uma base”. (LD6)</p> <p>Hidroxissais: “são aqueles que têm um só tipo de cátion e cujo ânion contém uma ou mais hidroxilas” (LD6).</p> <p>Sais duplos: “são aqueles em que os cátions correspondem aos de duas bases ou em que os ânions correspondem aos de dois ácidos”. (LD6)</p>

Continua...

Continuação...

LD7	Funcional	<p>Sal neutro: “formado por íons derivados de ácido e base forte. Com isso, o pH das soluções aquosas formadas por esse tipo de sal é igual a 7”. (LD7)</p> <p>Sal básico: “formado por ânions derivados de um ácido fraco e cátions derivados de uma base forte. Assim, a quantidade de íons OH^- na solução torna-se maior do que a de íons H^+, e por isso considera-se que o sal em questão possui caráter básico”. (LD7)</p> <p>Sal ácido: “formado por cátions derivados de uma base fraca e ânions derivados de um ácido forte. Assim, a quantidade de íons H^+, na solução fica maior do que a de íons OH^-”. (LD7)</p>
LD8	Constitucional e quanto à solubilidade em H_2O	<p>Hidrogenossais: “[...] haverá a neutralização parcial do ácido e ‘sobrar’ um íon H^+ no sal”. (LD8)</p> <p>Hidroxissais: “[...] a base é parcialmente neutralizada pelo ácido, formando um sal com a presença de OH^- na fórmula”. (LD8)</p> <p>Quanto à solubilidade: Menciona sobre a classificação de sais em solúveis e insolúveis no corpo do texto na página 199.</p>

Fonte: Autoria própria

nosso). É importante que o professor que trabalhe com esse LD, interligue as ideias apresentadas nesse parágrafo com as caracterizações presentes nas páginas posteriores, de modo a evitar obstáculos epistemológicos substancialistas.

A acidez e a basicidade são características oriundas de interações entre espécies químicas, conforme a autora alude através da vinculação da respectiva propriedade à sua funcionalidade química. A classificação funcional dos sais considera a interação dos íons gerados na dissolução dessas substâncias em água e os equilíbrios químicos envolvidos entre essas espécies, com a formação de cátions hidrônio, $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, ou ânions hidróxido, $\text{OH}^-(\text{aq})$, que, segundo a Teoria ácido-base de Arrhenius, caracterizaria o meio como sendo ácido ou básico, respectivamente.

Um equívoco conceitual presente nas definições dadas pela autora do LD1 consiste na definição de sal neutro: “[...] então, **possui cátion proveniente de base fraca e ânion proveniente de ácido fraco**” (LD1. Grifo nosso). Esta afirmação não está totalmente correta, pois como mencionado na introdução deste trabalho, sais com essas características não irão ser necessariamente sais neutros, pois dependerá do valor do K_a e K_b das espécies envolvida.¹⁹

O LD2 também classifica sais conforme a funcionalidade. Suas classificações são bem colocadas, tendo em vista que ele também faz a limitação do conceito a sistemas em solução aquosa e os efeitos dessa solubilização no pH do meio. O termo “geralmente” presente nas definições de sais ácidos e básicos torna a definição mais coerente, tendo em vista que os

autores não fazem generalizações arbitrárias que poderiam levar ao erro. Se eles afirmassem, por exemplo, que todo sal básico é oriundo de ácidos fracos, nós poderíamos identificar alguns problemas com essa definição, tendo em vista que, como já vimos anteriormente, nem todo sal necessita ser oriundo de uma reação ácido-base⁸ e que nem todo sal que apresente um ânion que possa ser percebido como oriundo de um ácido fraco é necessariamente básico; isso irá depender do cátion ao qual esse ânion esteja ligado.¹⁹

Dentre aqueles que abordam apenas a classificação funcional dos sais, o LD7 trabalha os conceitos da forma mais adequada, sem equívocos conceituais ou contradições, conforme pode ser percebido na Tabela 6.

Os LD4, LD6 e LD8 apresentam a classificação constitucional de sais sem equívocos ou contradições, caracterizando-os conforme as espécies catiônicas e/ou aniônicas que os constituem (normal, hidroxissal, hidrogenossal e duplo ou misto) e a presença ou não de água de hidratação (hidratados ou anidros), sendo este último apenas abordado no LD4. Os LD4 e LD8 apresentam ainda uma classificação de sais quanto a uma propriedade física: a solubilidade em água (solúveis e insolúveis).

Como apresentado na introdução deste trabalho, os processos de seriação e classificação em Ciências tem sua relevância no estudo de objetos e fenômenos. Entretanto, deve-se ter o cuidado na forma de abordagem desses processos nos materiais didáticos. Devido a erros conceituais, má colocação de ideias, simplificação de concepções

e o excesso de conteúdos, os estudantes podem acabar bloqueando seu aprendizado, dificultando o entendimento das teorias abordadas.²¹

Considerando o exposto e longe de mitigar a relevância do sistema de classificação nas Ciências, levantamos alguns questionamentos: como as classificações de sais são abordadas nos livros didáticos? Elas são feitas de forma mecânica e favorece/estimula memorizações? Ou são abordadas a partir de temáticas que mostram as diferenças entre essas espécies químicas e justifica o porquê do seu agrupamento em classes? No que tange a forma como os LD4, LD6 e LD8 abordam esses tópicos, os mesmos são claros e diretos, apresentando conceitos simples. Entretanto, é notório que tais categorizações favorecem a memorização dos conteúdos, pois os três livros discorrem de modo semelhante e mecanicamente à temática.

O LD5 discorre as duas classificações (funcional e constitucional), porém, gera confusões no tratamento entre elas, estabelecendo relações de sinonímia errôneas entre ambas, considerando, por exemplo, todo sal neutro como sal normal e todo sal ácido como hidrogenossal. A confusão entre as duas fica clara no trecho em que o autor comenta sobre o bicarbonato de sódio, NaHCO_3 : “Esse fato pode levar a situações aparentemente contraditórias. Por exemplo, o NaHCO_3 é um sal classificado como sal ácido (devido à presença do H^+), mas que produz uma solução de caráter básico (porque resulta da reação entre NaOH — base forte — com o H_2CO_3 — ácido fraco)”. (LD5)

O bicarbonato de sódio é considerado um sal básico, tendo em vista os equilíbrios químicos envolvidos em solução aquosa: o íon bicarbonato, HCO_3^- (aq), se hidrolisa formando o ácido carbônico, H_2CO_3 (aq), que é um ácido fraco e, portanto, tem a tendência a estar protonado, deslocando o equilíbrio da reação para a direita. O autor classifica o NaHCO_3 como sal ácido erroneamente, pois considera o H em sua constituição (hidrogenossal, classificação constitucional) como “claramente ionizável” em meio aquoso, o que, na prática, não ocorre.

“O professor que utiliza o livro como recurso didático precisa estar atento para identificar erros conceituais ou falhas na apresentação do conhecimento científico e até mesmo obstáculos epistemológicos”.⁹ Desta forma, é essencial que o educador tenha um conhecimento amplo, aprofundado e bem fundamentado para

reconhecer erros e equívocos presentes nos LDs e, assim, trabalhar corretamente os conteúdos. É importante ressaltar que simplesmente por conter erros, o LD não deve ser desconsiderado, dado que é um valioso intermediador de conhecimentos e construtor de saberes.¹⁸

Tal raciocínio presente no LD5, no que tange à confusão das classificações, pode ter surgido a partir da relação sinonímica correta entre hidroxissais e sais básicos, reportados em vários trabalhos na literatura.^{1,20,32} Vários estudos relatam a basicidade de hidroxissais em água, motivo pelos quais existe a relação de sinonímia entre esses termos, embora o primeiro leve em consideração sua constituição e o segundo seu comportamento em água. Entretanto, a mesma relação de sinonímia não pode ser atribuída a hidrogenossais e sais ácidos, pois nem todo hidrogenossal necessariamente terá caráter ácido em solução aquosa (são diferentes critérios).

Por fim, o LD3 não usa nenhum tipo de classificação de sais no corpo do texto. Como já foi discutido anteriormente, o LD3 apresenta uma abordagem dos conceitos químicos com enfoque CTS e a ausência da classificação de sais no respectivo material não pode ser encarada como ponto desfavorável. A abordagem dos autores do LD3 revela certa preocupação em relação aos conceitos químicos que são necessários para compreender um dado contexto que é trabalhado, evitando cair em um caminho conteudista e de cometer erros e/ou equívocos conceituais. Além disso, redigir todo um material didático que estabeleça uma relação coesa e coerente entre ciência, tecnologia e sociedade não é uma tarefa fácil; logo, no que tange ao tópico de Sais, não houve um aprofundamento técnico nos conceitos químicos destes, embora nada impeça do professor trabalhar tais conceitos quando estes forem abordados nas temáticas do material didático.

7. Considerações Finais

O desenvolvimento dessa pesquisa possibilitou analisar os conceitos relativos ao conteúdo de Sais presentes em livros didáticos de Química do Ensino Médio. Tais conceitos são muito importantes para a construção do conhecimento científico que compõem uma temática, foco do ensino de Química, e que estrutura outros saberes

químicos. Levando em consideração os aspectos trabalhados, os resultados obtidos revelaram que os LD1, LD4, LD5, LD6, LD7 e LD8 de Química do 1º Ano do Ensino Médio e o LD2 do 2º Ano do Ensino Médio apresentam erros conceituais, equívocos e confusões na abordagem do tema que dificultam o entendimento de determinados conceitos.

O estudo mostrou que alguns pontos devem ser cuidadosamente refletidos, como por exemplos, tratar os termos sal ácido, sal básico e sal neutro como sinônimos de hidrogenossal, hidroxissal e sal normal, respectivamente, sem a correta distinção da classificação pode gerar confusões e, consequentemente, impedir uma evolução e/ou construção de conhecimento. Além disso, enquadrar sal como Função Inorgânica é inadequado, pois pode inferir a formação de um falso saber sobre a previsibilidade comportamental desses compostos com base em propriedades funcionais comuns. Essa maneira de categorização deveria ser extinta dos livros de química do Ensino Médio, como também do vocabulário de muitos professores, dando lugar a uma abordagem dinâmica das reações físico-química envolvidas. Salientamos que muitos livros apresentam os conceitos como verdades concretas, uma vez que não mencionam suas exceções e a construção dos saberes, tornando mais a Química uma Ciência bastante complexa aos olhos daqueles que estão iniciando. O conceito de sais apresentado pela IUPAC, embora simples, compreende um complexo de características (não necessariamente semelhantes) que deve ser trabalhado de forma cuidadosa no livros didáticos, de modo a evitar equívocos conceituais na explanação do que é um sal e quais suas características.

Em linhas gerais, é notória a importância desta pesquisa, já que o livro didático é uma das ferramentas mais utilizadas como mídia educacional. A (re)avaliação desses materiais no intuito de identificar e contornar possíveis erros, equívocos e/ou obstáculos epistemológicos contribui para um melhor desenvolvimento de materiais futuros. Acreditamos também que é necessário que os professores estejam atentos nas seleções dos livros que serão adotados pelas escolas, como também nas análises dos conceitos a serem trabalhados, de modo que estes sejam avaliados criteriosamente. Vale lembrar que é sempre bom utilizar mais de uma fonte ao elaborar e planejar uma aula, já que assim erros e obstáculos epistemológicos podem ser evitados.

Referências

1. Aguirre, J. M.; Gutierrez, A.; Giraldo, O. Simple route for the synthesis of copper hydroxy salts. *Journal of The Brazilian Chemical Society* **2011**, 22, 546. [CrossRef]
2. Atkins, P.; Jones, L.; *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 5a ed., Bookman: Porto Alegre, 2012.
3. Bachelard, G.; *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Contraponto: Rio de Janeiro, 1996.
4. Baum, E. J.; *Chemical Property Estimation: Theory and Application*. 1ª ed, CRC Press Book: Flórida, 1998.
5. Brown, T. L.; Lemay-Júnior, L. E.; Bursten, B. E.; *Química: a ciência central*, 8ª ed, Prentice Hall: São Paulo, 2005.
6. Campos, R. C. e Silva, R. C. Funções da Química Inorgânica... funcionam?. *Química Nova na Escola*, **1999**, 9, 18. [Link]
7. Carey, F. A.; *Química Orgânica*, 7ª ed., AMGH: Porto Alegre, 2011.
8. Chang, R.; *Química Geral: Conceitos Essenciais*, 4ª ed, AMGH: São Paulo, 2010
9. Costa, M. C. S. e Mesquita, N. A. S. Abordagem de conceitos químicos em livros didáticos de Ciências do 9º ano: do texto ao contexto. *Revista Didática Sistemática*, **2015**, 17, 15. [Link]
10. Costa, P. R. R.; Ferreira, V. F.; Esteves, P. M.; Vasconcellos, M. L. A. A.; Ácidos e Bases em Química Orgânica. Bookman: Porto Alegre, 2005.
11. Cracolice, M. S.; *Introduction Chemistry: an active learning approach*, 6a ed, Cengage Learning: Londres, 2015.
12. Diaz, O. R. T. A atualidade do livro didático como recurso curricular. *Linhas Críticas*, **2011**, 17, 609. [CrossRef]
13. Fajan, K. Struktur und Deformation der Elektronenhüllen in ihrer Bedeutung für die chemischen und optischen Eigenschaften anorganischer Verbindungen. *Naturwissenschaften* **1923**, 11, 165. [CrossRef]
14. Fatibello Filho, O. Wolf, L. D.; Assumpção, M. H. M. T.; Leite, O. D. Experimento Simples e Rápido Ilustrando a Hidrólise de Sais. *Química Nova na Escola* **2006**, 24, 30. [Link]
15. Francelin, M. M. Ciência, senso comum e revoluções científicas: ressonâncias e paradoxos. *Ciência da Informação* **2004**, 33, 26. [CrossRef]
16. Garcia, W. Fazer ciência: ou lugar do conceito. *Em Questão* **2007**, 13, 171. [Link]

- ¹⁷. IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. Blackwell Scientific Publications: Oxford, 1997. [CrossRef]
- ¹⁸. Kato, C. M.; Kiouranis, N. M. M.; *Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Águas de Lindóia, Brasil, 2013. [Link]
- ¹⁹. Kotz, J. C.; Treichel, P. M.; Townsend, J. R.; Treichel, D. A. *Química geral e reações químicas*. 9ª ed., Cengage Learning: São Paulo, 2015.
- ²⁰. Meyn, M.; Benekee, K.; Lagaly, G. Anion-exchange reactions of hydroxy double salts. *American Chemical Society*, **1993**, 32, 1209. [CrossRef]
- ²¹. Oliveira, L. S.; Viveiros, A. M. V.; *Anais do 53º Congresso Brasileiro de Química*, Rio de Janeiro, Brasil, 2013.
- ²². Oxtoby, D. W.; Gillis, H. P.; Campion, A.; *Principles of Modern Chemistry*, 7ª ed, Cengage Learning: Stamford, 2011.
- ²³. Pauling, L.; *The nature of chemical bond*. Cornell University Press: Ithaca, 1939.
- ²⁴. Pauling, L. Interatomic distances and bond character in the oxygen acids and related substances. *The Journal of Physical Chemistry A* **1952**, 56, 361. [CrossRef]
- ²⁵. Piedade, M. A. R.; *Introdução à teoria da classificação*, Interciência: Rio de Janeiro, 1977.
- ²⁶. Russell, J. B.; *Química Geral*, Mcgrawhill: New York, 1982.
- ²⁷. Santos, W. L. P.; Mortimer, E. F. *Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira*. Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências **2002**, 2, 133.
- ²⁸. Santos, W. L. P.; Schnetzler, R. P.; *Educação em química: compromisso com a cidadania*, 4a Ed. UNIJUI: Ijuí, 2010.
- ²⁹. Silva, L. A.; Larentis, A. L.; Caldas, L. A.; Ribeiro, M. G. L.; Almeida, R. V.; Herbst, M. H. Obstáculos Epistemológicos no Ensino-Aprendizagem de Química Geral e Inorgânica no Ensino Superior: Resgate da Definição Ácido-Base de Arrhenius e Crítica ao Ensino das “Funções Inorgânicas”. *Química Nova na Escola* **2014**, 34, 261. [CrossRef]
- ³⁰. Skoog, D. A.; West, D. M.; *Fundamentos de Química Analítica*, 8a ed, Thomson Learning: São Paulo, 2006.
- ³¹. Solomons, T. W.; Fryhle, C. B.; *Química Orgânica*, vol. 1, 10a ed, Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- ³². Wang, Y.; Zhang, J. e Yang, G. Solubility and phase diagrams of hydroxyl manganese chloride. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China* **2011**, 21, 1136. [CrossRef]
- ³³. Werneck, V. R. Sobre o processo de construção do conhecimento: o papel do ensino e da pesquisa. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação* **2006**, 14, 173. [CrossRef]