



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DA PARAÍBA – CAMPUS SOUSA
DEPARTAMENTO DE ENSINO SUPERIOR
CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

POLIANA GOMES DE ABRANTES

**INVESTIGAÇÃO DAS ABORDAGENS DOS CONCEITOS DE SAIS EM LIVROS
DIDÁTICOS DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO**

SOUSA – PB

2019

POLIANA GOMES DE ABRANTES

**INVESTIGAÇÃO DAS ABORDAGENS DOS CONCEITOS DE SAIS EM LIVROS
DIDÁTICOS DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), Campus Sousa, como requisito básico para a conclusão do Curso de Licenciatura em Química.

Orientador: Dr. João Batista Moura de Resende Filho

Coorientador: Dr. Anderson Sávio de Medeiros Simões

SOUSA – PB

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Edgreyce Bezerra dos Santos – Bibliotecária CRB 15/586

A161i Abrantes, Poliana Gomes de.
Investigação das abordagens dos conceitos de sais em livros didáticos de química do ensino médio / Poliana Gomes de Abrantes. – Sousa : A Autora, 2019.
68 p.
Orientador: Dr. João Batista Moura de Resende Filho.
Coorientador : Dr. Anderson Sávio de Medeiros Simões.

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Licenciatura em Química do IFPB – Sousa.
– Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba.

1 Sais. 2 Livros didáticos - química. 3 Obstáculos epistemológicos. I Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA –
CAMPUS SOUSA – COORDENAÇÃO DOS CURSOS SUPERIORES
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: INVESTIGAÇÃO DAS ABORDAGENS DOS CONCEITOS DE SAIS EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO.

Autor(a): Poliana Gomes de Abrantes.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Sousa, como parte das exigências para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Aprovado pela Comissão Examinadora em: 05 / 02 / 20 19.

João Batista Moura de Resende Filho

Dr. João Batista Moura de Resende Filho
IFPB – Campus Sousa
Professor(a) Orientador(a)

José Aurino Arruda Campos Filho

Me. José Aurino Arruda Campos Filho
IFPB – Campus Sousa
Examinador 1

Antônio José Ferreira Gadelha

Dr. Antônio José Ferreira Gadelha
IFPB – Campus Sousa
Examinador 2



AGRADECIMENTOS

Escrevo essas poucas palavras para expressar tamanha gratidão a todos os que torceram e acreditaram em mim, pois sozinha eu não teria concluído mais uma etapa da minha vida. Provavelmente, quando estiver na metade dos meus agradecimentos, estarei aos prantos de lágrimas, pois somente Deus e eu sabemos o quão duro e árduo foram estes quatro anos de graduação. Então, agradeço primeiramente a Ele pela força e sabedoria que me concedeu para chegar até aqui, pela paciência que muitos acham que não tenho, pela oportunidade de realizar um dos sonhos tão desejados, vivendo intensamente cada dia, e pela coragem para enfrentar cada desafio seguindo sempre de cabeça erguida.

Agradeço a minha família, principalmente aos meus pais, Luciene Abrantes e Sebastião Gomes, por me incentivarem, ajudarem e caminharem ao meu lado. Por me ensinarem a respeitar o próximo e a cumprir com as minhas responsabilidades. Por cada aprendizado e por sempre se esforçarem para me educar da melhor forma possível, mesmo diante todas as dificuldades, pois, para eles, a melhor herança que se deixa para um filho é uma boa educação. Ao meu noivo, Breno Francisco, pelo companheirismo, paciência quando estive ausente, carinho e amor. Sou grata por tê-lo em minha vida, por ser tão compreensivo e por construir este sonho comigo.

Agradeço aos meus colegas e amigos, em especial, a Maíre Meneses, que está comigo desde o primeiro dia de aula construindo novos sonhos e conquistando objetivos que nunca imaginamos alcançar. Segundo a mesma, ela é a tampa e eu, a panela. Nunca entendi muito bem o que ela quis dizer com isto, mas acredito que seja porque nossas loucuras se completam quando estamos juntas. Minha parceira preferida. Encontrei nela uma verdadeira irmã que sempre estendeu a mão quando eu precisei.

Agradeço a todos os professores que de alguma forma me incentivaram, influenciaram e contribuíram com minha educação, sobretudo, Andréa Suame, Anderson Simões, Aurino Júnior, Patrícia Roque, Aparecida Sobreira, Valmiza Rodrigues, Jefferson Brandão, Antonio Gadelha e Higo Lima; excelentes educadores e ótimos seres humanos. Agradeço também ao técnico do laboratório de química, Samuel Bitu, exemplo de pessoa e profissional, que nunca mediu esforços em contribuir com meu crescimento acadêmico.

Por último e não menos importante agradeço imensamente ao meu professor e orientador, João Batista, que me acompanha desde o segundo período de graduação. Sou extremamente grata por cada ensinamento, pela paciência de me aturar todos esses anos, pelo incentivo, pela dedicação, por acreditar em mim e me ajudar a construir este trabalho.

Agradeço a oportunidade de ter sido sua aluna e orientanda, pois é uma excelente pessoa, que me mostrou o encanto da docência e da Química enquanto ciência e tem minha enorme admiração e respeito. Obrigada por me fazer acreditar que eu sou capaz de conquistar todos os meus sonhos, por mostrar que é possível ser inteligente sem deixar a humildade de lado, ser bondoso sem ser injusto, ser incrível sem derrubar ninguém. É minha referência como educador, meu espelho para ser uma excelente profissional e um ser humano de verdade. E, por mais que existam milhões de palavras, nenhuma descreve e expressa exatamente minha admiração e apreço. Enfim, a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação e colaboraram para eu chegar aqui, o meu mais singelo obrigada.

“Sempre há uma outra chance, uma outra amizade, um outro amor, uma nova força. Para todo fim, um recomeço.” (Antoine de Saint-Exupéry – O Pequeno Príncipe)

RESUMO

O livro didático é um grande 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 e obstáculos epistemológicos 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 tais 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 do Ensino Superior, Gold Book da IUPAC e artigos científicos. Identificou-se a presença de diversos equívocos conceituais, definições ralas, obstáculos epistemológicos e ideias que não condizem com a linguagem científica: uso de sinonímias errôneas, classificação de sais como função química, uso do termo “hidroxila” para tratar do termo “hidróxido” etc. Baseado na análise dos dados, foi possível notar a importância deste trabalho, pois apesar da supervisão do PNLEM e existência de vários trabalhos abordando o tema, ainda encontram-se erros e obstáculos epistemológicos que prejudicam a aprendizagem significativa dos estudantes.

Palavras-Chave: Sais. Livros didáticos. Obstáculos epistemológicos.

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 and epistemological obstacles 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, shallow definitions, epistemological obstacles 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” etc. Based on the data analysis, it was possible to note the importance of this paper, because, despite the supervision of PNLEM and the existence of others papers about this theme, there are still errors and epistemological obstacles that impair students' meaningful learning.

Keywords: Salts. Didactic books. Epistemological obstacles.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Ilustração que substancializa a energia na forma de “pacotes” e pode se constituir em um obstáculo epistemológico substancialista	16
Figura 2	Ilustração que representa uma molécula e pode se constituir em um obstáculo epistemológico realista	17
Figura 3	Representação animista da ligação química entre átomos	17
Figura 4	Classificação funcional de sais	19
Figura 5	Classificação constitucional dos sais	20
Figura 6	Equações que representam uma solução aquosa de sal neutro	21
Figura 7	Equações que representam uma solução aquosa de sal básico	22
Figura 8	Equações que representam uma solução aquosa de sal ácido	23
Figura 9	Equações químicas que mostram a formação de sais através de reações que não se enquadram como reações de neutralização ácido-base de Arrhenius	24
Figura 10	Equações químicas que representam uma solução aquosa de sal “formado” a partir de um ácido e uma base fraca	25
Figura 11	Esquema da primeira etapa da reação de hidrólise de um cátion, $M^{n+}(aq)$	27
Figura 12	Características mais comuns nos conceitos de sais presentes nos livros didáticos de Química do Ensino Médio analisados nesse trabalho	40
Figura 13	Estrutura de sais predominantemente covalentes, 4,5-diciano-2-(trifluormetil)imidazolato de lítio (TDI) e 4,5-diciano-2-(pentafluoretil)imidazolato de lítio (PDI), sintetizados e caracterizados por Niedzicki et al. (2011)	44
Figura 14	Equilíbrios heterogêneo e homogêneo envolvidos no sistema formado por cloreto de prata e água	45
Figura 15	Equações de reações de dupla troca entre compostos salinos	48
Figura 16	Equações de reações entre ácidos e bases de Brønsted-Lowry	48
Figura 17	Exemplos de equações químicas de reações entre óxidos e ácidos/bases de Arrhenius formando sais	49
Figura 18	Exemplos de nomenclaturas de funções orgânicas mistas que apresentam o grupo hidróxi como ramificação	53
Figura 19	Equações químicas que demonstram os equilíbrios químicos em fase aquosa	58
Figura 20	Resumo publicado em uma rede social (Instagram) contendo o erro conceitual encontrado no LD5	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Caráter de alguns cátions e ânions comuns em meio aquoso	26
Tabela 2	Constantes de acidez para alguns cátions metálicos em solução aquosa a 25°C	26
Tabela 3	Informações e código de referência dos livros analisados no presente trabalho	34
Tabela 4	Valores de solubilidade em água de diversos sais	46
Tabela 5	Síntese das classificações de sais presentes nos LDs analisados	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CTS	Ciência-Tecnologia-Sociedade
DA	Dificuldade de Aprendizagem
INL	Instituto Nacional do Livro
IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>
LD	Livro Didático
MEC	Ministério de Educação
PDI	4,5-Diciano-2-(pentafluoretil)imidazolato de Lítio
PNLEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
TDI	4,5-Diciano-2-(trifluormetil)imiadazolato de Lítio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NO ENSINO DE QUÍMICA	14
1.2	NOÇÕES GERAIS SOBRE SAIS E HIDRÓLISE SALINA	18
1.2.1	Hidrólise de sais ácidos	26
1.2.2	Hidrólise de sais básicos	29
2	OBJETIVOS	32
2.1	OBJETIVO GERAL	32
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	32
3	METODOLOGIA	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1	A CLASSIFICAÇÃO DE SAIS NOS LIVROS DIDÁTICOS	53
4.2	OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NOS LIVROS DIDÁTICOS SOBRE O CONTEÚDO DE SAIS	60
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
	REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

Constantemente os professores se deparam com os seguintes questionamentos feitos pelos estudantes: “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?”. Essas e outras indagações similares são comuns durante as aulas de Química, tendo em vista que a maioria dos alunos não consegue enxergar a importância e a aplicação/utilização prática dos 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 (SCHNETZLER, 2004).

Os livros didáticos (LDs) ainda se constituem no recurso didático mais usado no processo de escolarização, nos mais diversos níveis e modalidades de ensino (DÍAZ, 2011). Chegaram às escolas brasileiras, juntamente com obras literárias, dicionários e livros em braille, em 1929, após a criação do Instituto Nacional do Livro (INL), com o intuito de contribuir com a legalização, aceitação e, conseqüentemente, expandir a produção (FREITAS, RODRIGUES, 2008).

Segundo Kato e Kiouranis (2013), 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. Freitag et al. (1989) afirmam que, além de poderoso intermediador de conhecimentos que auxilia no ensino de conteúdos programáticos, o LD é, na maioria das vezes, o principal e único material utilizado na prática educacional, contribuindo, por ter um caráter político e cultural, para a reprodução de valores sociais quanto à ciência, história, interpretação dos fatos e transmissão de saberes. Para Siganski et al. (2008, p. 2):

[...] o livro didático assume funções diferentes, dependendo das condições, do lugar e do momento em que é produzido e utilizado nas diferentes situações escolares. Por ser um objeto de múltiplas facetas, ele é pesquisado enquanto produto cultural; como mercadoria, ligada ao mundo editorial; como suporte de conhecimento e de métodos de ensino das diversas disciplinas que compõem o currículo escolar.

Sandrin et al. (2005) abordam que entre 1980 e 1990 análises criteriosas foram realizadas por especialistas nos LDs. Com essas investigações, detectou-se a presença de erros

conceituais e metodológicos nos mesmos, porém, vários desses trabalhos não receberam o devido crédito, levando as indústrias de livros a dominarem o mercado. Na década de 90, o então Ministério da Educação e do Desporto (MEC, atual Ministério da Educação) desenvolveu novas atividades com o intuito de melhorar a qualidade dos LDs no país e iniciou a avaliação pedagógica destes publicando Guias de Livros Didáticos (BRASIL, 1998) com dicas auxiliares para a seleção adequada dos exemplares. Após as buscas, um número significativo de livros com problemas conceituais graves foi excluído da lista de compras do MEC, entretanto, algumas escolas ainda dispõem de livros antigos e recentes não analisados que apresentam problemas quanto a conceitos e abordagens inadequadas (SANDRIN et al., 2005).

Embora a maioria 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 ainda, aqueles conceitos podem estar inseridos dentro de um tema que não é trabalhado no livro B, mas que é abordado no livro A. Essas diferenças presentes nos livros didáticos devem-se a diferentes visões e concepções epistemológicas e ontológicas do(s) autor(es) desses materiais. Além dessas diferentes abordagens de um conceito químico, equívocos podem ocorrer durante a elaboração desses materiais didáticos, tais como erros de digitação, edição, tradução etc.

Os conceitos relativos aos conteúdos/temas relacionados a *Sais* geralmente são abordados nos livros de Química do 1º ano do Ensino Médio (volume 1), logo após a abordagem dos conceitos de ácidos e bases (hidróxidos) inorgânicos. No que tange à abordagem desses tópicos em alguns LDs, percebemos algumas diferenças significativas (e até mesmo contraditórias) na forma como os conceitos são abordados, o que, conseqüentemente, nos levou a investigar os problemas de abordagem desses conceitos nesses materiais, assim como verificar a presença de obstáculos epistemológicos a eles relacionados.

1.1 OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NO ENSINO DE QUÍMICA

De origem grega, *epistéme*, a palavra epistemologia significa verdade, ciência, estudo, discurso, que, no sentido etimológico, significa estudo sobre a verdade, essencialmente crítico dos princípios e dos resultados obtidos a fim de fundamentá-los e determinar o valor e o objetivo; é a teoria do conhecimento (MORAES et al., 2008). A epistemologia consiste na reconstrução racional do saber científico, no estudo metódico e

reflexivo do conhecimento, de sua organização, evolução, desempenho e produtos intelectuais (TESSER, 1995).

Segundo Gomes e Oliveira (2007), com o intuito de facilitar o processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos, muitos professores acabam por utilizar de analogias, modelos, esquemas, metáforas, entre outros recursos e técnicas de ensino. Porém, o que deveria auxiliar, na realidade, muitas vezes não ajuda, uma vez que substitui linhas de raciocínio por resultados e esquemas prontos que solidificam as suspeitas. Para Bachelard (1996), práticas desses tipos podem prejudicar a aprendizagem, pois compreensões inadequadas de questões oriundas do senso comum ou da escola poderão gerar obstáculos epistemológicos.

Rodrigues e Grubba (2012, p. 318) afirmam que:

[...] *obstáculos epistemológicos* são uma espécie de *contra pensamento* que pode surgir no momento da constituição do conhecimento ou numa fase posterior. São uma forma de resistência do próprio pensamento ao pensamento. De maneira simplificada, trata-se de considerar que o pensamento não progride senão por suas próprias reorganizações.

Em outras palavras, obstáculos epistemológicos são “barreiras” que impedem um indivíduo de aprimorar seus conhecimentos, de modo que não aceita ou compreende o novo, sendo necessária uma reorganização de ideias para obtenção de uma nova visão.

Bachelard (1996) apresenta em seu livro vários tipos de obstáculos epistemológicos, tais como: A) experiência primeira, B) obstáculo verbal, C) obstáculo substancialista, D) psicanálise do realista (obstáculo realista), E) obstáculo animista, dentre outros. A explanação de cada um desses obstáculos está descrita a seguir:

- a) **Experiência Primeira:** de acordo com Trindade et al. (2017, p. 16961), esse obstáculo pode ser definido como sendo um:

[...] obstáculo inicial para a cultura científica, pois ela é caracterizada como algo pitoresco, colorido, repleto de imagens, que chame a atenção dos estudantes. Estas atitudes encontram-se cada vez mais presentes nas salas de aula pelo fato de ser uma maneira de entreter e encantar os estudantes, sendo considerada de fácil compreensão. Porém, é preciso entender que estes casos acabam causando uma ruptura e não uma continuidade entre observação e experimentação.

Isso ocorre quando, por exemplo, na busca de facilitar o conhecimento, professores utilizam experimentos chamativos e interessantes em suas aulas e não conseguem extrapolar o interesse dos alunos para o estudo do experimento, gerando, portanto, o determinado obstáculo epistemológico, uma vez que os discentes focam somente no experimento e descartam a teoria ali representada.

- b) **Obstáculo Verbal:** proveniente da utilização de analogias e metáforas, este obstáculo é construído ao associar uma palavra concreta a uma abstrata que funciona como imagem e passa a ocupar a posição de uma explicação. Esse

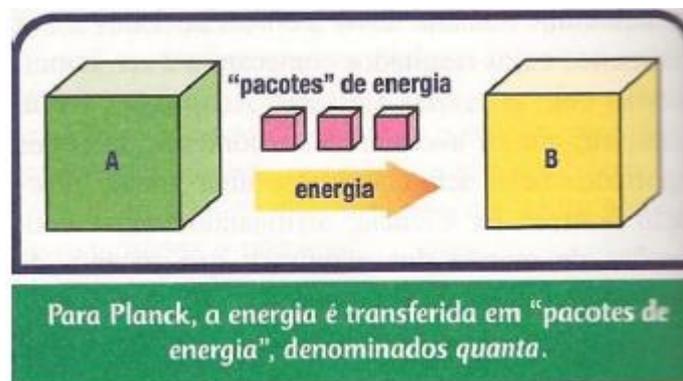
obstáculo pode ser exemplificado quando Feltre (2004) usa a palavra “mar” ou “nuvem” para retratar os elétrons livres nas ligações metálicas:

[...] o metal seria um aglomerado de átomos neutros e cátions, mergulhados em uma **nuvem (ou “mar”) de elétrons livres** (costuma-se também dizer que esses elétrons estão deslocalizados). Assim, a ‘**nuvem**’ de elétrons funcionaria como uma ligação metálica, mantendo os átomos unidos (FELTRE, 2004, p. 152. Grifo nosso).

Segundo Miranda e Araújo (2012), a expressão “mar de elétrons” é um exemplo utilizado cientificamente por livros, artigos e materiais de nível superior, porém, demonstra certa limitação. Tais analogias podem se constituir em obstáculos verbais quando trabalhadas de forma superficial, de modo que os estudantes não consigam extrapolar o uso da linguagem analógica (e, conseqüentemente, fiquem retidos a esta) e compreender o objeto/fenômeno ao qual a analogia pretende elucidar (deslocalização dos elétrons por toda a estrutura dos materiais metálicos).

- c) **Obstáculo Substancialista:** criado ao usar representações ou atribuir qualidades aos fenômenos, características às substâncias, tanto superficial quanto profundamente, como mostra a **Figura 1** abaixo.

Figura 1 – Ilustração que substancializa a energia na forma de “pacotes” e pode se constituir em um obstáculo epistemológico substancialista.

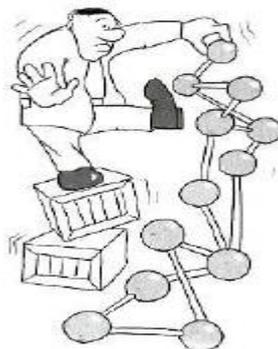


FONTE: SANTOS; MÓL, 2008, p. 217.

Como é possível perceber, a imagem ilustra a transferência de quantidades fixas de energia em um sistema atômico genérico A/B; porém, ao utilizar o termo “pacotes de energia”, associados à ilustração, sem as elucidações dos modelos usados, os autores dão a entender que a energia é algo concreto (substancial) e que pode ser armazenada dentro de algum recipiente (MIRANDA; ARAÚJO, 2012).

- d) **Psicanálise do Realista (Obstáculo Realista):** este tipo de obstáculo epistemológico se dá quando o educando não consegue abstrair as informações necessárias para a compreensão do conteúdo, se satisfazendo com a explicação concreta do fenômeno. A **Figura 2** exemplifica este tipo de obstáculo.

Figura 2 – Ilustração que representa uma molécula e pode se constituir em um obstáculo epistemológico realista.



FONTE: HARTWING et al. (1999, p. 138).

Segundo Leite et al. (2006), a molécula retratada na ilustração anterior apresenta átomos com dimensões que possibilitam ao homem ver e tocar em um de seus átomos, dando a entender que isso é possível. Traz para o campo macroscópico algo que é microscópico, tornando a dimensão conceitual inadequada para a explicação. É extremamente relevante que no ensino de Química haja a diferenciação entre o modelo e o objeto/fenômeno que aquele representa. Na construção e edição de materiais didáticos, é importante o esclarecimento dos níveis de compreensão da química (macroscópico, microscópico e representacional), de modo que os modelos sejam encarados como modelos (nível representacional), não constituindo-se, portanto, em futuros obstáculos realistas.

- e) **Obstáculo Animista:** consiste no modo de atribuir, ingenuamente, características ou vida a objetos inanimados, não vivos, durante explicações em sala (ou presentes em materiais didáticos), podendo gerar exageros, quando analisado em casos concretos. A **Figura 3** retrata este tipo de obstáculo epistemológico.

Figura 3 – Representação animista da ligação química entre átomos.



FONTE: HARTWING et al. (1999, p. 138).

Ao tratarem de ligações químicas, os autores apresentam átomos masculino e feminino com fisionomias humanas (olhos, bocas e nariz). Porém, utilizar esta representação pode acarretar problemas, uma vez que os alunos podem não compreender que é uma mera ilustração para facilitar o entendimento da ligação entre átomos, já que os estes não possuem características humanas (LEITE et al., 2006).

Os obstáculos epistemológicos podem estar presentes em livros didáticos (LDs) e na forma como os docentes abordam os conteúdos. Assim, é necessária extrema atenção por parte dos professores para evitar a criação de obstáculos epistemológicos que, por sua vez, podem se constituir em problemas para o processo de ensino-aprendizagem, comprometendo a compreensão do conhecimento (TRINDADE et al., 2017). Podemos encontrar na literatura, vários estudos que apresentam obstáculos epistemológicos encontrados em LDs (MIRANDA; ARAÚJO, 2012; LEITE et al., 2006; LORGUECIO et al., 2001; MELZER et al., 2009; STADLER et al., 2012).

Além de serem encontrados obstáculos epistemológicos em livros, artigos científicos e formas de abordagem de conteúdo, Silva e Eichler (2016) afirmam que vários professores costumam confundir os termos Obstáculos Epistemológicos com Dificuldade de Aprendizagem (DA), dando a impressão de que são sinônimos. Desta forma, torna-se mais difícil fugir dos geradores destes para evitar a regressão dos alunos e, assim, proporcionar uma aprendizagem significativa.

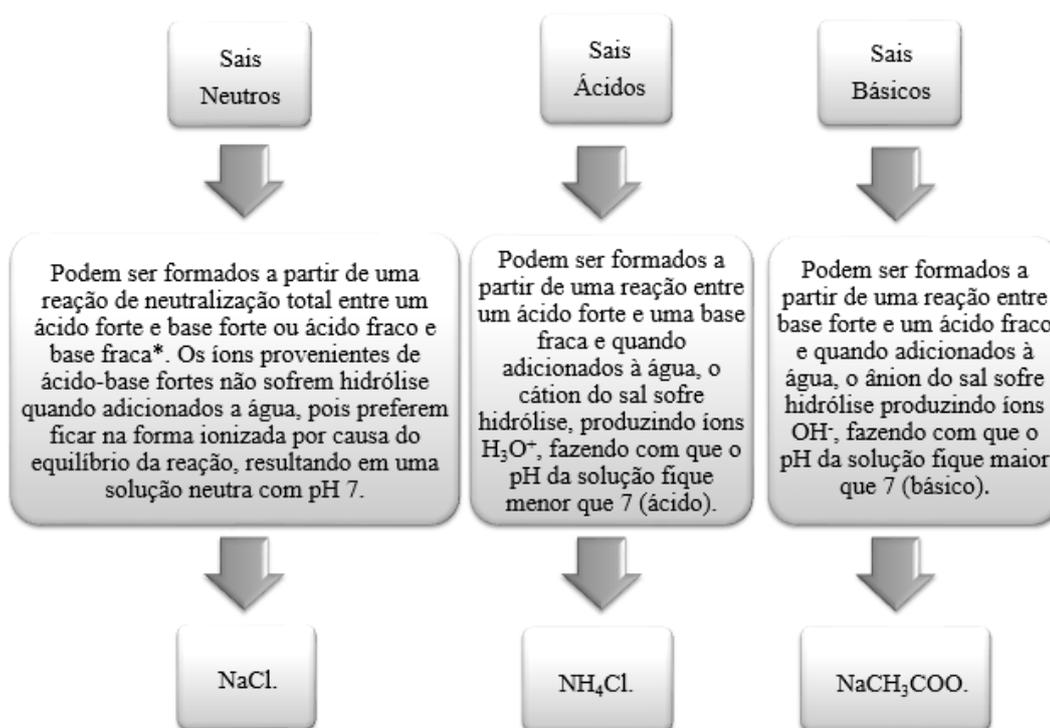
1.2 NOÇÕES GERAIS SOBRE SAIS E HIDRÓLISE SALINA

De acordo com o Gold Book da *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC – União Internacional de Química Pura e Aplicada), sal é todo composto constituído pela união de cátions e ânions (IUPAC, 2017). Embora esse conceito, na prática, seja generalista, ele consegue compreender uma grande gama de compostos classificados como sais, que não se limitam apenas ao conceito baseado na reação de neutralização ácido-base total ou parcial de Arrhenius. Segundo este, na forma como geralmente é apresentado nos livros didáticos (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 a constitui provém da base e do ácido de Arrhenius, respectivamente. Ainda segundo Arrhenius, conforme apresentado na maioria dos 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 (sal) H^+ ou OH^- (BROWN et al., 2005; ATKINS; JONES, 2012).

Segundo Fatibello Filho et al. (2006), os sais geralmente são classificados segundo sua constituição ou funcionalidade. Conforme as ideias dos mesmos autores, a

classificação funcional (**Figura 4**) leva em consideração as propriedades das substâncias em soluções aquosas (se apresentam caráter ácido, básico ou neutro), enquanto que a classificação constitucional (**Figura 5**) 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 livros didáticos há ainda outras classificações, tais como a que considera a solubilidade dos sais (solúveis e insolúveis) (LISBOA et al., 2016; FRANCO, 2015; FELTRE, 2008), a presença de outras espécies químicas coordenadas à espécie catiônica (sais complexos) (FELTRE, 2004) etc.

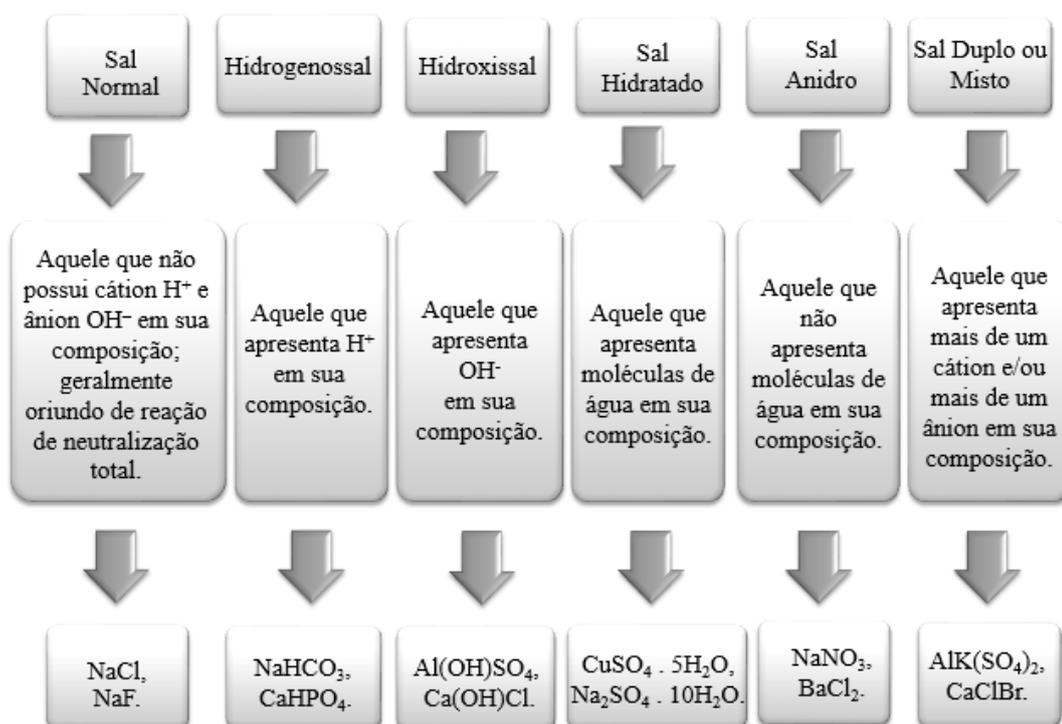
Figura 4 – Classificação funcional de sais.



*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 ácidas, básicas ou neutras. Quando o K_a for igual ao K_b , a solução aquosa salina resultante será neutra ($K_a = K_b$); se o K_a for maior que o K_b , ou seja, se a ionização do ácido for maior do que a dissociação da base, a solução aquosa salina resultante será ácida ($K_a > K_b$). Quando o K_a for menor do que o K_b , a solução aquosa salina resultante será básica ($K_a < K_b$).

FONTE: Autoria própria. Conceitos adaptados de Fatibello Filho et al. (2006).

Figura 5 – Classificação constitucional dos sais.



FONTE: Autoria própria. Conceitos adaptados de Lisboa et al. (2016).

Os sais apresentam diferentes comportamentos quando em solução aquosa e em determinadas condições de temperatura e pressão. Brown et al. (2005) afirmam que as propriedades das soluções salinas dependem dos equilíbrios químicos envolvidos entre cátions e ânions presentes em sua composição. A reação que ocorre devido à interação de íons com a água produzindo $H^+(aq)$ ¹ ou $OH^-(aq)$ é chamada de hidrólise (do grego *Hydro*, “água”, e *Lysis*, “destruição”, “decomposição”). De acordo com o Gold Book da IUPAC (2017), a hidrólise é um tipo de solvólise proporcionada pela água, sendo solvólise definida como uma reação que ocorre entre o soluto e o solvente de uma solução, com a quebra de uma ou mais ligações do solvente, envolvendo, geralmente, a transferência de um próton (H^+).

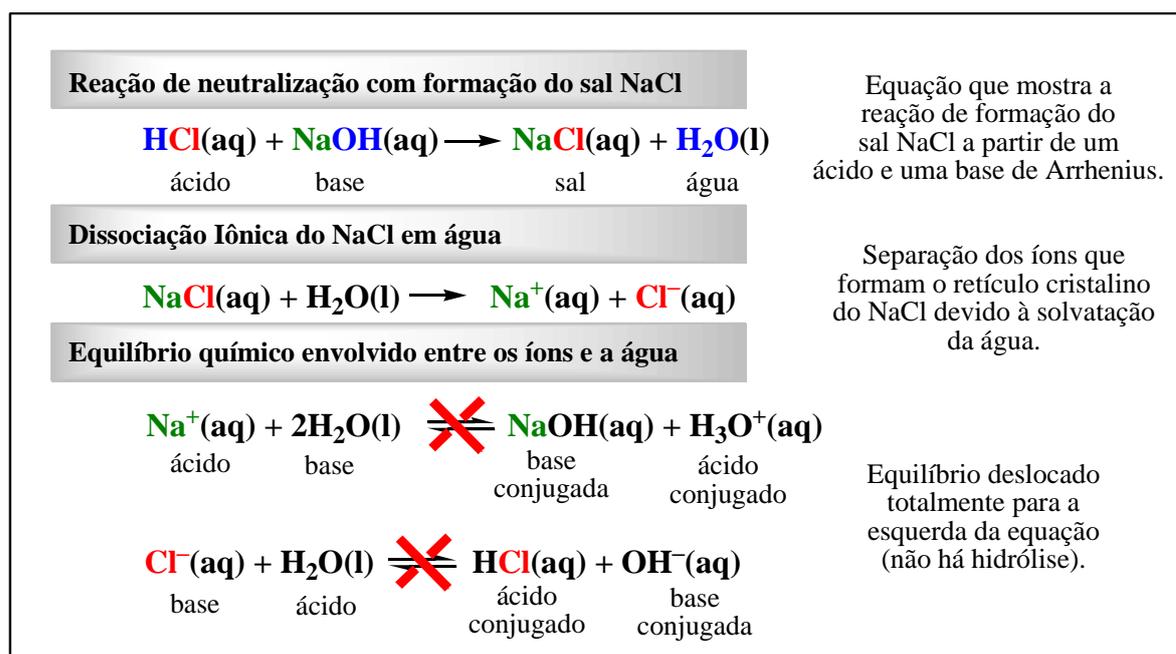
Se considerarmos os íons que compõe a solução salina e conhecer os equilíbrios químicos envolvidos, é possível determinar o pH da solução aquosa de um dado sal (BROWN et al., 2005). Desta forma, se a solução aquosa do sal possui um ânion como base conjugada²,

¹ O íon H^+ não existe em solução (apenas em fase gasosa). Essa representação é uma simplificação do íon hidrônio, geralmente representado por H_3O^+ , embora haja outras representações tais como $H_5O_2^+$ e $H_9O_4^+$ (BROWN et al., 2005).

² Ácidos e bases conjugadas são termos oriundos da Teoria Protônica de Ácidos e Bases, proposta independentemente por Johannes Nicolaus Brønsted e Thomas Martin Lowry (daí também ser conhecida como Teoria Ácido-Base de Brønsted-Lowry). Ácido conjugado é o termo que designa uma base após ganhar um próton (H^+). Base conjugada é o termo que designa um ácido após perder um próton (H^+). Estudos sobre a força de ácidos e bases de Brønsted-Lowry permitem identificar qual o sentido do equilíbrio químico envolvido na reação ácido-base (SHRIVER; ATKINS, 2003; COSTA et al., 2005).

que pode ser visto como sendo proveniente de um ácido forte, e um cátion de ácido conjugado, que pode ser encarado como oriundo de uma base forte, esperamos que o pH seja neutro, pois os cátions e ânions dissociados não irão promover a hidrólise. Isto acontece, por exemplo, com a solução de cloreto de sódio (NaCl), cujo cátion pode ser percebido como proveniente de uma base forte (NaOH) e o ânion proveniente de um ácido forte (HCl), produzindo uma solução aquosa com pH igual a 7, conforme apresentado na **Figura 6**.

Figura 6 – Equações que representam uma solução aquosa de sal neutro.



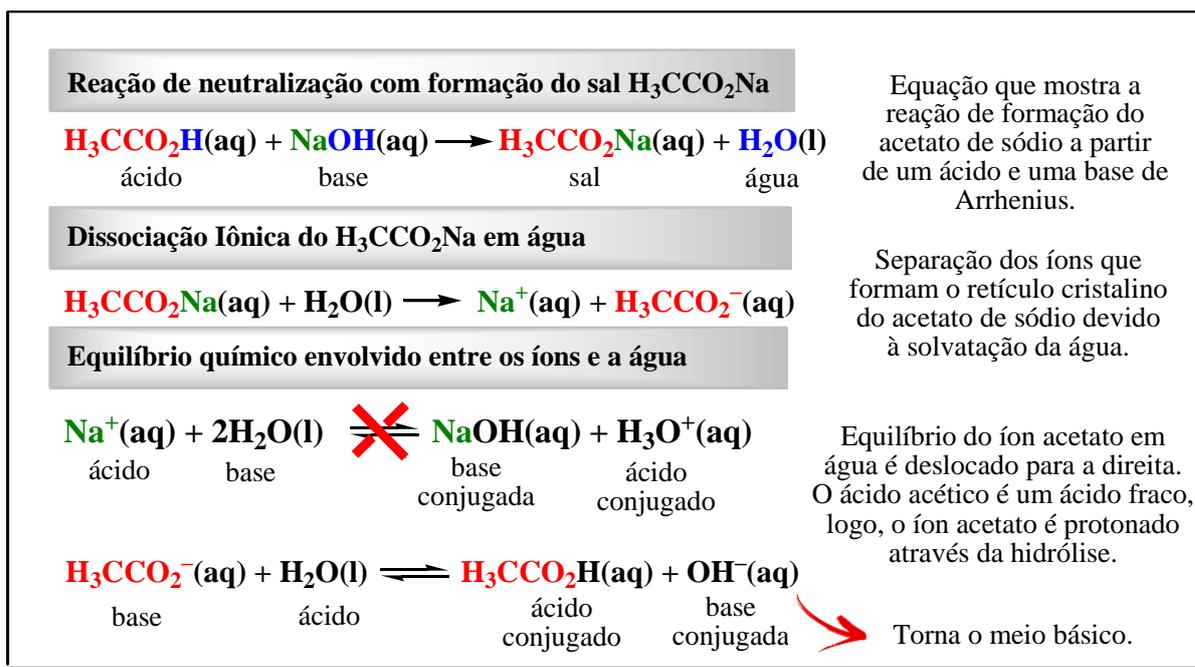
FONTE: Autoria própria.

Como podemos perceber na **Figura 6**, ao reagir uma solução aquosa de ácido clorídrico, HCl(aq), com uma solução aquosa de hidróxido de sódio, NaOH(aq), nas devidas proporções estequiométricas, há formação do sal cloreto de sódio (dissolvido), NaCl(aq), e água, H₂O(l). O sal cloreto de sódio, em água, se dissocia completamente, separando seus íons em Na⁺ e Cl⁻ que, conseqüentemente, serão solvatados, ou seja, as moléculas de água se associam aos íons em solução, formando camadas de hidratação ao redor dos íons Na⁺(aq) e Cl⁻(aq). Entretanto, como demonstram as duas últimas equações, não ocorre a hidrólise nesse sistema, pois, como o NaOH e o HCl são, respectivamente, base e ácido fortes, seus equilíbrios químicos estão deslocados para a esquerda, não havendo formação de íons hidrônio (para o caso do Na⁺) ou hidróxido (para o caso do Cl⁻).

Se a solução aquosa salina possui um ânion como base conjugada, que pode ser encarado como proveniente de um ácido fraco, este tenderá a reagir com a água, sendo, portanto, protonado; enquanto que o cátion como ácido conjugado, que pode ser entendido

como proveniente de uma base forte, não irá reagir com água, pois o mesmo tenderá a ficar na sua forma dissociada. Logo, esperamos que o pH dessa solução salina seja básico. Podemos perceber isso se dissolvermos acetato de sódio ($\text{H}_3\text{CCO}_2\text{Na}$) em água, cujo cátion pode ser percebido como sendo oriundo de uma base forte (NaOH , hidróxido de sódio) e o ânion oriundo de um ácido fraco ($\text{H}_3\text{CCO}_2\text{H}$, ácido acético), conforme apresentado na **Figura 7**.

Figura 7 – Equações que representam uma solução aquosa de sal básico.



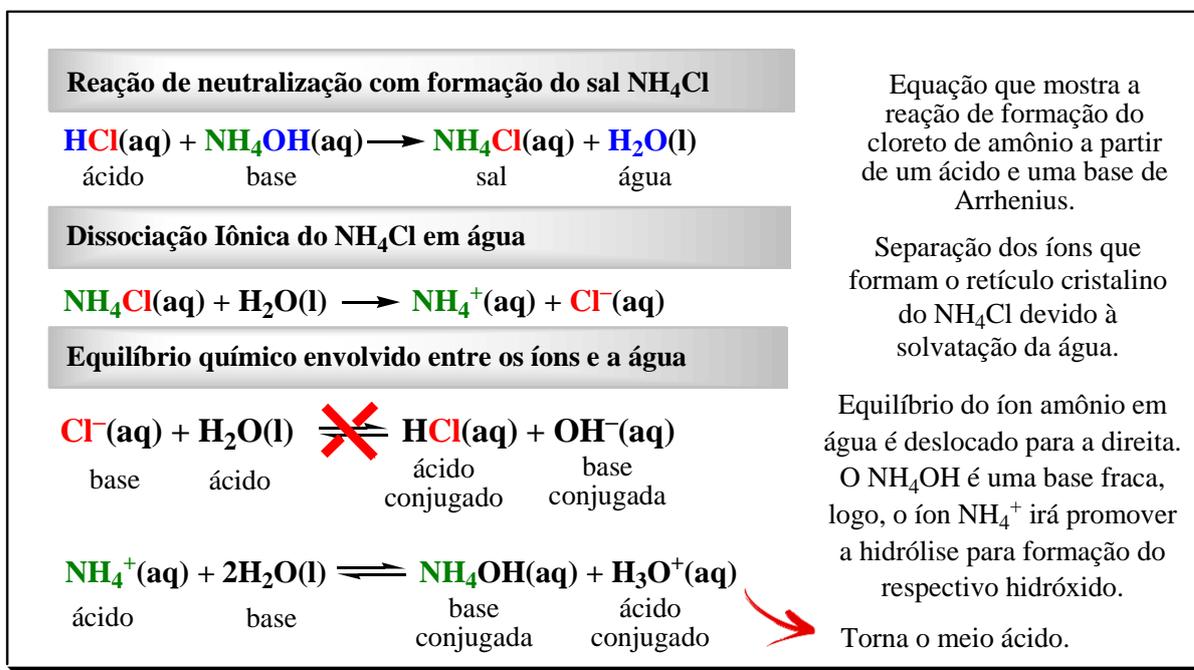
FONTE: Autoria própria.

Logo, como podemos perceber na **Figura 7**, ao reagir uma solução aquosa de ácido acético, $\text{H}_3\text{CCO}_2\text{H}(\text{aq})$, com uma solução aquosa de hidróxido de sódio, $\text{NaOH}(\text{aq})$, há formação do sal acetato de sódio, $\text{H}_3\text{CCO}_2\text{Na}(\text{aq})$, e água, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$. O sal acetato de sódio, por sua vez, se dissocia em água, produzindo os íons $\text{Na}^+(\text{aq})$ e $\text{H}_3\text{CCO}_2^-(\text{aq})$. Como o $\text{Na}^+(\text{aq})$ pode ser compreendido como um cátion oriundo do NaOH , uma base forte, ele será solvatado em água, mas não sofrerá hidrólise. Já o ânion acetato, $\text{H}_3\text{CCO}_2^-(\text{aq})$, que pode ser compreendido como oriundo de um ácido fraco (o ácido acético, $\text{H}_3\text{CCO}_2\text{H}$), irá sofrer hidrólise conforme mostra a última equação. O ânion formado terá grande tendência para remover prótons da água e formar seu ácido de origem ($\text{H}_3\text{CCO}_2\text{H}$) e hidróxido, $\text{OH}^-(\text{aq})$, tornando o pH do meio básico.

Se a solução contém um cátion de ácido conjugado proveniente de base fraca que não reage com água para produzir hidrônio (cuja forma simplificada apresentada em vários livros de ensino médio é H^+) e um ânion de base conjugada de ácido forte que reage com água, esperamos que o pH seja ácido. Vejamos o exemplo da hidrólise do cloreto de amônio,

representada nas equações químicas abaixo, cujo cátion é derivado da base fraca (NH_4OH) e o ânion é derivado do ácido forte (HCl) em que apenas o cátion será hidrolisado afetando o pH da solução que diminuirá para menor que 7, como mostra a **Figura 8**.

Figura 8 – Equações que representam uma solução aquosa de sal ácido.



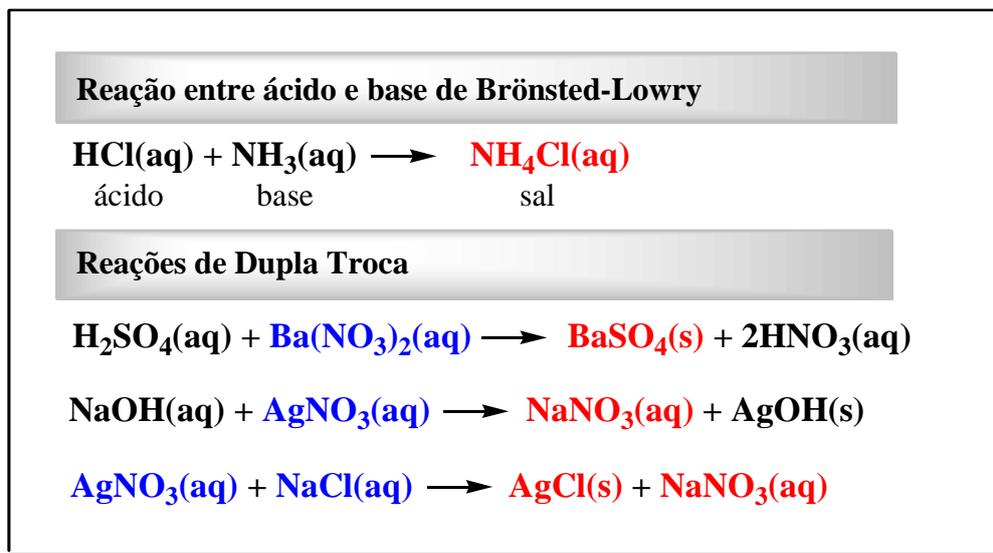
FONTE: A autoria própria.

Logo, como podemos perceber na **Figura 8**, ao reagir as soluções aquosas de ácido clorídrico, $\text{HCl}(\text{aq})$, e hidróxido de amônio, $\text{NH}_4\text{OH}(\text{aq})$, haverá formação do sal cloreto de amônio, $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$, e água, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$. O sal cloreto de amônio, por sua vez, se dissocia em água, separando seus íons $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ e $\text{Cl}^-(\text{aq})$. O $\text{Cl}^-(\text{aq})$ é um ânion que pode ser compreendido como oriundo do HCl , um ácido forte; portanto, ele será solvatado em água, mas não sofrerá hidrólise. O $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ é um cátion que pode ser entendido como proveniente de uma base fraca, o hidróxido de amônio. Em água, esse cátion sofrerá hidrólise, formando sua base conjugada, $\text{NH}_4\text{OH}(\text{aq})$, e o íon hidrônio, $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$. Devido à formação deste último, o pH do meio torna-se ácido³.

Vale a pena ressaltar que, embora tenham sido usadas reações de neutralização ácido-base de Arrhenius para explicar a formação de determinados sais, não significa que esses compostos são necessariamente obtidos dessa forma, conforme a **Figura 9** demonstra.

³ Outras equações químicas envolvidas nesse sistema são as decomposições do $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$ e do $\text{NH}_4\text{OH}(\text{aq})$ que liberam amônia, $\text{NH}_3(\text{g})$, motivo pelo qual as soluções aquosas desses compostos apresentam odor amoniacal: $\text{NH}_4\text{OH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ e $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{aq})$. Percebe-se também que há a formação do íon hidrônio na decomposição do sal em meio aquoso.

Figura 9 – Equações químicas que mostram a formação de sais através de reações que não se enquadram como reações de neutralização ácido-base de Arrhenius.

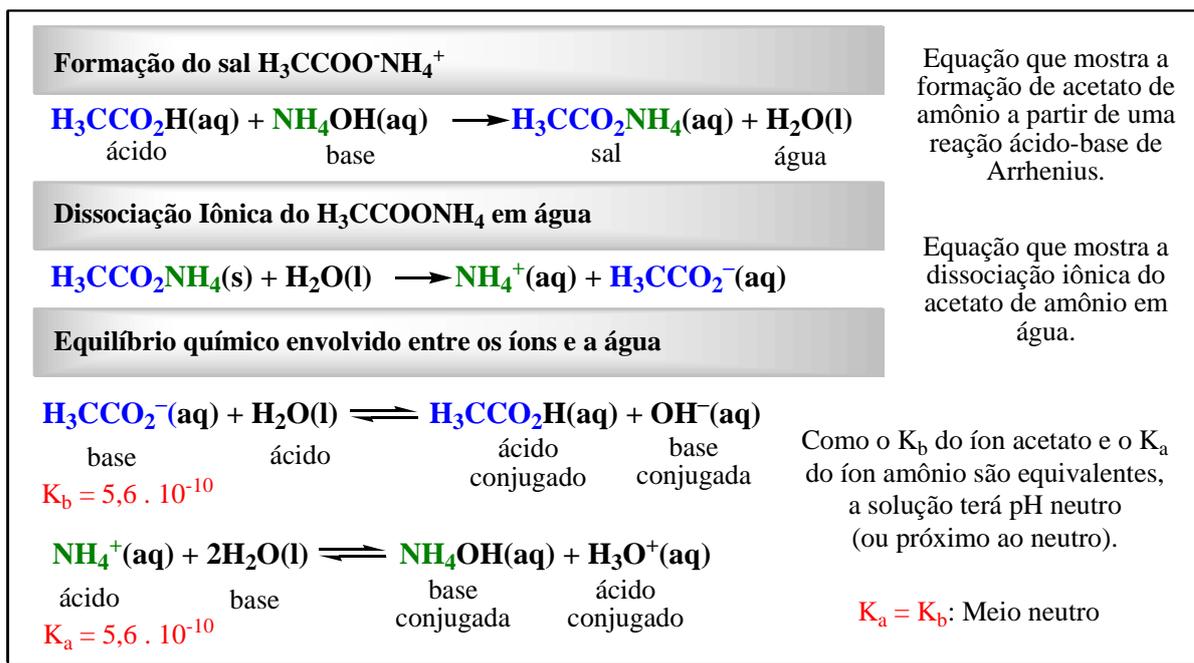


FONTE: Autoria própria.

Ao reagir ácido clorídrico (HCl), ácido forte que produz íons hidrônio, $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, e cloreto, $\text{Cl}^-(\text{aq})$, na água, com amônia (NH_3), base fraca de Brönsted-Lowry, um próton H^+ é transferido do HCl para NH_3 formando o íon positivo amônio, $\text{NH}_4^+(\text{aq})$, que se unirá com o contraíon negativo do ácido, $\text{Cl}^-(\text{aq})$, produzindo sal solúvel em solução, cloreto de amônio, $\text{NH}_4\text{Cl(aq)}$. Note que amônia não é enquadrada como uma base de Arrhenius. A segunda, terceira e quarta equações da **Figura 9** representam reações de dupla troca entre um ácido/base e um sal ou entre dois sais. Além dessas reações, óxidos de caráter ácido ou básico podem reagir com bases ou ácidos, respectivamente, também produzindo sais como produtos. Esses são apenas alguns exemplos de reações químicas de obtenção de sais que não podem ser classificadas como reações de neutralização entre ácidos e bases de Arrhenius.

Por fim, conforme Kotz et al. (2015), ao misturarmos quantidades estequiométricas proporcionais (mol) de um ácido fraco com uma base fraca, obtém-se um sal que dependerá dos valores de K_a do ácido conjugado e K_b da base conjugada para determinar o pH da solução salina. Reagindo quantidades iguais de ácido acético com amônia, ácido fraco e base fraca, respectivamente, obtemos as reações representadas pelas equações da **Figura 10**.

Figura 10 – Equações químicas que representam uma solução aquosa de sal “formado” a partir de um ácido e uma base fraca.



FONTE: Autoria própria.

O acetato de amônio, $\text{H}_3\text{CCO}_2\text{NH}_4(\text{aq})$, pode ser compreendido como um sal formado a partir de um ácido fraco (ácido acético, $\text{H}_3\text{CCO}_2\text{H}$) e uma base fraca (hidróxido de amônio, NH_4OH). O pH da solução depende dos equilíbrios químicos envolvidos nas espécies dissociadas/ionizadas, logo, ele depende dos valores de K_a e K_b dos íons em solução. O K_a do íon amônio é igual a $5,6 \times 10^{-10}$ e o K_b do íon acetato apresenta o mesmo valor, $5,6 \times 10^{-10}$. Logo, a solução aquosa dessa sal terá caráter neutro, pois $K_a = K_b$, não favorecendo o deslocamento do equilíbrio químico para maior formação de íons hidróxido ou hidrônio.

De um modo geral, conhecendo-se os equilíbrios químicos envolvidos nas reações de hidrólise entre cátions e ânions oriundos da dissolução de sais, podemos inferir o caráter ácido/básico/neutro dessas substâncias. A **Tabela 1** lista os principais íons que apresentam características ácidas, básicas ou neutras em solução aquosa, enquanto que a **Tabela 2** mostra os valores de K_a para alguns cátions metálicos em solução aquosa a 25°C .

Tabela 1 – Caráter de alguns cátions e ânions comuns em meio aquoso.

	Espécies iônicas	Caráter
Espécies catiônicas	Fe ³⁺ , Cr ³⁺ , Al ³⁺ , Fe ²⁺ , Cu ²⁺ , Ni ²⁺ , NH ₄ ⁺ , CH ₃ NH ₃ ⁺ , C ₆ H ₅ NH ₃ ⁺	Ácido
	Li ⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ , Ag ⁺	Neutro
	–	Básico
Espécies aniônicas	HSO ₄ ⁻ , H ₂ PO ₄ ⁻	Ácido
	Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻ , NO ₃ ⁻ , ClO ₄ ⁻	Neutro
	F ⁻ , O ²⁻ , OH ⁻ , S ²⁻ , CN ⁻ , CO ₃ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , NO ₂ ⁻ , CH ₃ CO ₂ ⁻ , outros carboxilatos	Básico

Fonte: Autoria própria. Adaptado de Kotz et al., 2015.

Tabela 2 – Constantes de acidez para alguns cátions metálicos em solução aquosa a 25°C.

Cátion	Constante de acidez (K_a)	p<i>K_a</i>
Fe ²⁺	$3,2 \cdot 10^{-10}$	9,4
Zn ²⁺	$2,5 \cdot 10^{-10}$	9,6
Ni ²⁺	$2,5 \cdot 10^{-11}$	10,6
Fe ³⁺	$6,3 \cdot 10^{-3}$	2,2
Cr ³⁺	$1,6 \cdot 10^{-4}$	3,7
Al ³⁺	$1,4 \cdot 10^{-5}$	4,8

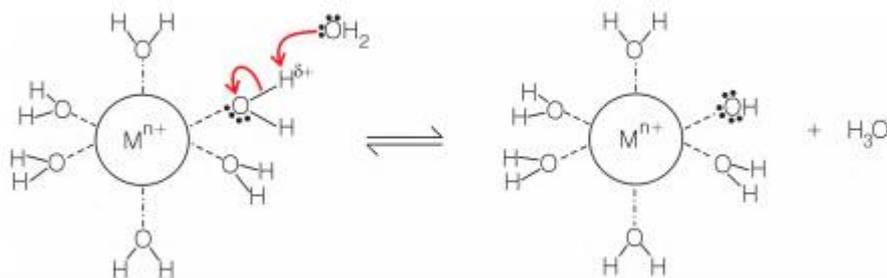
Fonte: Autoria própria. Valores de K_a obtidos de BROWN et al., 2005.

1.2.1 Hidrólise de sais ácidos

Fatibello Filho e coautores (2006, p. 31) demonstra em seu artigo publicado na QNesc um esquema ilustrativo da hidrólise salina (**Figura 11**). Eles também explicam o mecanismo de uma hidrólise de cátions, associando o volume desse íon e sua densidade de carga com o caráter metálico:

O cátion amônio ou cátions metálicos em solução aquosa se comportam como ácidos de Lewis (espécies capazes de receber par de elétrons). A carga positiva sobre o cátion hidratado atrai a densidade eletrônica da ligação O–H na molécula de água [...] Assim, quanto maior a densidade de carga do cátion metálico, maior será a polaridade da ligação covalente entre o átomo de oxigênio e o átomo de hidrogênio na molécula de água que está hidratando o cátion metálico, aumentando a acidez do átomo de H (maior δ^+), facilitando dessa maneira o rompimento da ligação O–H. Quando há o rompimento dessa ligação, um próton hidratado (íon hidroxônio ou hidrônio: H₃O⁺(aq)) é formado, produzindo uma solução ácida. [...] Os cátions de maior valência e menor volume iônico (de maior densidade iônica, como Th⁴⁺, Sb³⁺, Fe³⁺, Al³⁺ etc.) irão se hidrolisar com maior intensidade formando hidróxidos e óxidos desses cátions, liberando uma maior concentração de íons H₃O⁺(aq), tornando assim a solução mais ácida (menor valor de pH). Um prognóstico do grau de hidrólise de cátions metálicos pode ser feito calculando-se o parâmetro eletrostático (ζ), $\zeta = Z^2/r$, onde Z é a carga do cátion e r o raio iônico em picômetros (1 pm = 10⁻¹² m) (FATIBELLO FILHO et al., 2006, p. 31).

Figura 11 – Esquema da primeira etapa da reação de hidrólise de um cátion, M^{n+} (aq).



FONTE: Fatibello Filho et al., 2006, p. 31.

Para efeitos de exemplificação, considera-se a dissolução do cloreto de amônio, NH_4Cl , em água. Ao adicionar o sal no determinado solvente, ele se dissocia liberando os íons NH_4^+ (aq) e Cl^- (aq), conforme demonstrado na segunda equação da **Figura 8**. Por sua vez, o cátion amônio, NH_4^+ (aq), reage com a água (hidrólise), enquanto o ânion cloreto, Cl^- (aq), continua solvatado e não reage com o solvente mencionado, uma vez que este íon pode ser percebido como oriundo de um ácido forte (o ácido clorídrico, HCl), conforme demonstrado nas duas últimas equações da **Figura 8**.

Ao se atingir o equilíbrio químico entre as espécies, tem-se:

$$K_h = \frac{[H_3O^+][NH_3]}{[NH_4^+]} \quad (Eq. 1)$$

em que K_h é a constante de hidrólise e $[X]$ é a concentração das espécies solvatadas ($X = H_3O^+$ ou NH_3 ou NH_4^+). Como é possível perceber, a concentração da água é desconsiderada na constante de hidrólise. Isso geralmente acontece nas expressões de constante de equilíbrio para reações em meio aquoso porque a atividade da água está próximo de 1 e só seria levada em consideração caso estivesse bastante concentrada (KEEPORTS, 2005).

Para ilustrar quantitativamente, considerar-se-á uma solução aquosa de NH_4Cl (aq) a 0,3 mol/L. Espera-se que a mesma seja ácida, $pH < 7$. Como na definição do equilíbrio observa-se a concentração de íon hidrônio no numerador, a Eq. 1 será multiplicada por uma razão de concentrações de íon hidróxido (Eq. 2), de modo a permitir a obtenção do produto das concentrações dos íons mencionados que, por definição, é a constante da autoionização da água, K_w (igual a $1,0 \cdot 10^{-14}$, a $25^\circ C$) (Eq. 3) (ATKINS; JONES, 2012):

$$K_h = \frac{[H_3O^+][NH_3]}{[NH_4^+]} \times \frac{[OH^-]}{[OH^-]} \quad (Eq. 2)$$

$$K_h = [H_3O^+][OH^-] \times \frac{[NH_3]}{[NH_4^+][OH^-]} = K_w \times \frac{[NH_3]}{[NH_4^+][OH^-]} \quad (Eq. 3)$$

A constante de dissociação da base fraca formada na hidrólise ($K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$, a 25°C) é dada pela (Eq. 4), de modo que, substituindo-a na Eq. 3, tem-se a igualdade (Eq. 5) (ATKINS; JONES, 2012):

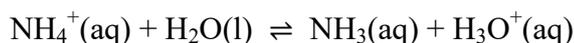
$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{NH_3} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$K_h = K_w \times \frac{[NH_3]}{[NH_4^+][OH^-]} = K_w \times \frac{1}{K_b} \quad \therefore \quad K_h = \frac{K_w}{K_b} \quad (\text{Eq. 5})$$

Substituindo os valores das constantes na (Eq. 5), tem-se:

$$K_h = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 5,6 \cdot 10^{-10}$$

Considerando a equação química abaixo, se x for a concentração de $NH_4^+(\text{aq})$ que se hidrolisa, tem-se que as concentrações de $NH_3(\text{aq})$ e $H_3O^+(\text{aq})$ serão iguais a x , pois a concentração dessas substâncias são dependentes da primeira; enquanto que a concentração do íon amônio será a concentração inicial ($0,3 \text{ mol/L}$) menos a quantidade dissociada (x), conforme igualdade a seguir (ATKINS; JONES, 2012):



$$[NH_3] = [H_3O^+] = x \text{ mol/L}$$

$$[NH_4^+] = (0,3 - x) \text{ mol/L}$$

Substituindo os valores de concentração mencionados anteriormente e também os valores de K_h na (Eq. 1), obtém-se:

$$5,6 \cdot 10^{-10} = \frac{x \cdot x}{0,3 - x} = \frac{x^2}{0,3}$$

$$x = 1,7 \cdot 10^{-5} = [H_3O^+]$$

Como x é um valor muito menor do que $0,3$, a diferença $0,3 - x$ é considerada aproximadamente igual a $0,3$ (ATKINS; JONES, 2012). Encontrado o valor da concentração do íon hidrônio na solução do sal $NH_4Cl(\text{aq})$, pode-se agora calcular o pH da solução (Eq. 6):

$$pH = -\log[H_3O^+] \quad (\text{Eq. 6})$$

$$pH = -\log(1,7 \cdot 10^{-5})$$

$$pH = 4,77$$

Como previsto anteriormente, o pH da solução salina de $NH_4Cl(\text{aq})$ a $0,3 \text{ mol/L}$ é inferior a 7 , logo, ácido, justificando sua caracterização funcional como sal ácido.

1.2.2 Hidrólise de sais básicos

Seguiremos o mesmo procedimento da hidrólise de sais ácidos apresentado no tópico anterior para encontrar o pH da solução de sal básico. Os cátions, por serem provenientes da base forte, se mantêm na forma dissociada. Logo, não se hidrolisam e, conseqüentemente, não interferem no pH da solução. Já os ânions, oriundos do ácido fraco, retiram um próton H^+ da água, sendo hidrolisada, produzindo $OH^-(aq)$ na solução e alterando o pH do meio para básico.

Para exemplificar este tipo de reação, levar-se-á em consideração a dissolução do acetato de cálcio, $Ca(CH_3CO_2)_2$, em água. Ao adicionarmos este sal no determinado solvente, ele se dissocia liberando os íons $Ca^{2+}(aq)$ e $2 CH_3CO_2^-(aq)$. Por sua vez, o ânion acetato, $CH_3CO_2^-(aq)$, reage com a água sendo hidrolisada, enquanto o cátion cálcio, $Ca^{2+}(aq)$, permanece solvatado sem reagir com a água, tendo em vista que este íon é oriundo da base forte, hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$).

Ao atingir o equilíbrio químico entre as espécies, tem-se:

$$K_h = \frac{[OH^-][CH_3CO_2H]}{[CH_3CO_2^-]} \quad (Eq. 7)$$

sendo $[X]$ a concentração das espécies solvatadas ($X = OH^-$ ou CH_3CO_2H ou $CH_3CO_2^-$). Como já foi mencionando anteriormente, a concentração da água é desconsiderada na constante de hidrólise, pois sua atividade está próximo de 1 (KEEPORTS, 2005).

Considerando a solução de $Ca(CH_3CO_2)_2(aq)$ a 0,3 mol/L, podemos representar quantitativamente como este sal interage com a água. Espera-se que a solução seja básica, $pH > 7$. Como na definição do equilíbrio observa-se a concentração de íon hidróxido no numerador, a Eq. 7 será multiplicada por uma razão de concentrações de íon hidrônio (Eq. 8), de modo a permitir a obtenção do produto das concentrações dos íons mencionados que, por definição, é a constante da autoionização da água, K_w (igual a $1,0 \cdot 10^{-14}$, a 25°C) (Eq. 9) (ATKINS; JONES, 2012):

$$K_h = \frac{[OH^-][CH_3CO_2H]}{[CH_3CO_2^-]} \times \frac{[H_3O^+]}{[H_3O^+]} \quad (Eq. 8)$$

$$K_h = [H_3O^+][OH^-] \times \frac{[CH_3CO_2H]}{[CH_3CO_2^-][H_3O^+]} = K_w \times \frac{[CH_3CO_2H]}{[CH_3CO_2^-][H_3O^+]} \quad (Eq. 9)$$

A constante de dissociação do ácido fraco formado na hidrólise ($K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$, a 25°C) é dada pela (Eq. 10), de modo que, substituindo-a na Eq. 9, tem-se a igualdade (Eq. 11) (ATKINS; JONES, 2012):

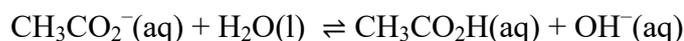
$$K_a = \frac{[CH_3CO_2^-][H_3O^+]}{[CH_3CO_2H]} \quad (Eq. 10)$$

$$K_h = K_w \times \frac{[CH_3CO_2H]}{[CH_3CO_2^-][H_3O^+]} = K_w \times \frac{1}{K_a} \quad \therefore \quad K_h = \frac{K_w}{K_a} \quad (Eq. 11)$$

Substituindo os valores das constantes na (Eq. 10), temos:

$$K_h = \frac{1 \cdot 10^{-14}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 5,6 \cdot 10^{-10}$$

Considerando a equação química abaixo, se x for a concentração de $CH_3CO_2^-(aq)$ que se hidrolisa, tem-se que as concentrações de $CH_3CO_2H(aq)$ e $OH^-(aq)$ serão iguais a x , pois a concentração dessas substâncias dependem da primeira; enquanto que a concentração do íon acetato será 2 vezes a concentração inicial (0,3 mol/L) menos a quantidade dissociada (x), pois cada fórmula unitária do acetato de cálcio fornece um íon acetato, conforme igualdade a seguir (ATKINS; JONES, 2012):



$$[CH_3CO_2H] = [OH^-] = x \text{ mol/L}$$

$$[CH_3CO_2^-] = ((2 \times 0,3) - x) \text{ mol/L}$$

Substituindo os valores de concentração mencionados anteriormente e também os valores de K_h na (Eq. 7), obtém-se:

$$5,6 \cdot 10^{-10} = \frac{x \cdot x}{0,6 - x} = \frac{x^2}{0,6}$$

$$x = 1,8 \cdot 10^{-5} = [OH^-]$$

Encontrado o valor da concentração do íon hidróxido na solução do sal $Ca(CH_3CO_2)_2(aq)$, pode-se agora calcular o pOH da solução (Eq. 12):

$$pOH = -\log[OH^-] \quad (Eq. 12)$$

$$pOH = -\log(1,8 \cdot 10^{-5})$$

$$pH = 4,74$$

Sabendo que o pK_w (produto da constante da água) é igual a 14,00, pode-se determinar o pH da solução a partir da equação (Eq. 13) (ATKINS; JONES, 2012):

$$pH = pK_w - pOH \quad (Eq. 13)$$

$$pH = 14,00 - 4,74$$

$$pH = 9,53$$

Como previsto anteriormente, o pH da solução salina de $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2(\text{aq})$ a 0,3 mol/L é superior a 7, ou seja, apresenta caráter básico, justificando sua caracterização funcional como sal básico.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar, com base nos conceitos presentes no Gold Book da IUPAC e em livros de Ensino Superior de Química Geral e Inorgânica, como alguns livros didáticos de Química do Ensino Médio abordam os conceitos relacionados ao tópico sobre *Sais*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo geral do presente trabalho será alcançado mediante a efetivação dos seguintes objetivos específicos:

- Identificar em qual volume os livros didáticos analisados abordam o conteúdo de *Sais*;
- Conhecer e analisar a forma como os respectivos conceitos são apresentados nos livros didáticos selecionados;
- Identificar e discutir possíveis erros conceituais e obstáculos epistemológicos acerca do conteúdo de *Sais* presentes nos livros didáticos;
- Reconhecer e analisar as limitações que os livros didáticos trazem acerca dos conteúdos investigados.

3 METODOLOGIA

Com base nos objetivos gerais do presente trabalho, é possível classificar esta pesquisa como do tipo exploratória, uma vez que, segundo Gil (2002), esse tipo de pesquisa possibilita conhecer os problemas, formulando-os e tornando-os evidentes, aprimorar as ideias, descobrir os prognósticos ou construir hipóteses com condições para serem analisadas em estudos posteriores.

Vale a pena destacar que este trabalho utilizará de uma abordagem qualitativa que, conforme Denzin e Lincoln (2006, apud AUGUSTO et al., 2013, p. 747) “envolve uma abordagem interpretativa do mundo, o que significa que seus pesquisadores estudam as coisas em seus cenários naturais, tentando entender os fenômenos em termos dos significados que as pessoas a eles conferem”. Em outras palavras, a pesquisa qualitativa permite obter resultados subjetivos de modo a analisar e compreender os porquês e os comportamentos de tais objetos e/ou fenômenos, considerando a interpretação do pesquisador, sem se importar com a quantidade, mas com a qualidade.

Com base nos experimentos técnicos utilizados, este trabalho se enquadra como uma pesquisa bibliográfica, que para Treinta et al. (2014) trata-se do levantamento de um conjunto de informações que já foi criado pelos cientistas sobre determinado tema. Ao iniciar uma pesquisa acadêmica deste tipo, é necessário organizar todas as informações que estão sendo utilizadas, produzidas e publicadas relativas à pesquisa para a construção do determinado conhecimento, sendo favorável às investigações do tipo exploratória. Marconi e Lakatos (2007) informam que a pesquisa bibliográfica envolve todo conteúdo já publicado relacionado ao tema estudado, partindo de jornais, revistas, monografias, livros etc. às gravações em fita, colocando o pesquisador em contato direto com tudo que já foi redigido, filmado ou até mesmo com discussões que foram copiadas, publicadas ou gravadas, porém, não é uma réplica de tudo que já foi dito, pois possibilita aos analisadores verificar as fontes, tirar suas próprias conclusões e gerar novas indagações. Já Lima e Miotto (2007, p. 38-44) afirmam que:

[...] a pesquisa bibliográfica implica em um conjunto ordenado de procedimentos de busca por soluções, atento ao objeto de estudo [...] importante na produção do conhecimento científico capaz de gerar, especialmente em temas pouco explorados, a postulação de hipóteses ou interpretações que servirão de ponto de partida para outras pesquisas.

A coleta de dados para a pesquisa será feita a partir dos livros didáticos (LDs) de Química do Ensino Médio, utilizando-se das etapas e dos instrumentos comuns a uma pesquisa bibliográfica: 1) leitura do material; 2) fichamento; 3) organização lógica do assunto;

e 4) redação do texto. Os LDs a serem analisados (**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) livros utilizados por professores e/ou alunos em escolas de nível de Ensino Médio na região (LD5 e LD8). Como os conteúdos/temas relativos *Sais* geralmente são trabalhados no 1º ano do Ensino Médio, serão analisados o volume 1 de todos os livros descritos na **Tabela 3**, com exceção do livro Química Cidadã, de Wilson Santos e Gerson Mól (coords.), que apresenta o conteúdo de *Sais* no volume 2.

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	Wilson 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 e Vera Lúcia 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, Luis F. Perreira, Emiliano Chemello e Patrícia B. Proti.	Moderna	2016
LD8	Química – Cotidiano e Transformações	Dalton Franco	FTD	2015

FONTE: Autoria própria.

A fundamentação teórica que servirá de base para a análise dos temas abordados nos LDs será construída a partir de buscas em livros de Química Geral, Inorgânica e Físico-Química (nível superior), artigos publicados em periódicos de referência, Gold Book da IUPAC (2017) dentre outros arquivos acadêmico-científicos. Serão utilizados livros referenciais, pois estes proporcionam uma rápida obtenção de informações e localizações de outras obras que possam contribuir com o trabalho (PRODANOV, FREITAS, 2013).

Nesta pesquisa será feita a análise das diferentes formas de abordagem dos temas/conteúdos relacionados aos conceitos e classificações de *Sais* nos LDs de Química do Ensino Médio selecionados. Os pontos que serão observados são: 1) conceito de sais; 2) ausência/presença do tópico de classificação de sais; 3) abordagem funcional e/ou constitucional dessa classificação; e 4) abordagem conteudista e/ou contextualizada dos mencionados tópicos e 5) Obstáculos epistemológicos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os livros didáticos (LDs) de Química do Ensino Médio analisados 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). Uns trabalham a definição destes compostos explicitamente (LD1, LD2, LD4, LD5, LD6 e LD8), outros contextualizam utilizando exemplos do cotidiano, reações químicas etc (LD3 e LD7).

Todos os livros analisados abordam, de algum modo, o tema *Sais*. Entretanto, apenas 7 deles trazem o conceito de sais, propriamente dito; 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. O LD3 foi elaborado sob uma perspectiva CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade), abordando temáticas contextualizadas e interdisciplinares.

Segundo Santos e Mortimer (2002), 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. Para Santos e Schnetzler (2010), 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. 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 conceitos químicos estudados em sala de aula. Os trechos abaixo 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; [...] (MORTIMER; MACHADO, 2016, p. 45).

O primeiro processo por que passa a água dentro da estação de tratamento é a adição do sulfato de alumínio – $Al_2(SO_4)_3$ – 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. (Ibid, p. 60).

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 não sejam trabalhados de forma explícita, tal contexto permite aos professores abordar conceitos referentes aos sais (definição, solubilidade, nomenclatura dos compostos etc.), quando, por exemplo, menciona o cloreto de sódio e o sulfato de alumínio. Em trechos mais específicos do LD3 (no que tange ao conhecimento químico), entretanto, é possível inferir 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 [...] (MORTIMER; MACHADO, 2016, p. 189).

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 (Ibid, p. 219).

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 ponte 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, como também trabalhar o conceito de solubilidade de um modo geral.

Ao nosso entendimento, os autores excluíram o conceito explícito de sais do livro, 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 dos referidos conceitos, como pode ser percebido nos demais LDs. Gostaríamos de ressaltar que não estamos afirmando que a abordagem CTS é caracterizada 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, como também dissemina a utilização de conceitos científicos equivocados e/ou errôneos.

Em um Trabalho de Conclusão de Curso publicado recentemente nessa mesma instituição (IFPB, Campus Sousa), Santos (2018) analisa o tema *Substâncias e Misturas* abordados nos LDs do Ensino Médio aprovados no PNLD 2018-2020, encontrando alguns equívocos oriundos da substituição de conhecimentos científicos aos do senso comum. Ele destaca, por exemplo, a utilização errônea do conceito de imiscível na maioria dos LDs, pois os autores destes referem-se ao termo como adjetivo daquilo que não se mistura (usado cotidianamente). Entretanto, esta palavra, para a área científica, significa algo que não se homogeneiza, ou seja, não forma uma única fase (não se solubiliza).

Durante uma mesma aula, ao dizermos que água e óleo formam uma mistura e ao mesmo tempo dizermos que água e óleo são imiscíveis, utilizando seu significado no senso comum, é um contrassenso. Entretanto, ao se apresentar primeiro o conceito científico de imiscibilidade, não haveria contradição ao dizermos que água e óleo formam uma mistura e são imiscíveis, pois esse adjetivo estaria relacionado à característica de não-homogeneização (heterogeneização) da mistura (SANTOS, 2018, p. 36-37).

As definições dos termos trabalhados no meio acadêmico-científico devem ser consensuais, no intuito de se evitar confusões entre pessoas de regiões diferentes (seja no mesmo país ou ao longo do globo) que trabalhem com os mesmos fenômenos. Além disso, os conceitos da Ciência estão sendo reformulados constantemente ao longo da história da humanidade (OLIVEIRA, 2015). Ao elaborar um material didático, nós transformamos o conhecimento científico em conhecimento escolar e nos apropriamos dessas definições elaboradas no meio acadêmico-científico. Logo, longe de afirmar que a Ciência apresenta conceitos completos e imutáveis, o item 1 mencionado anteriormente, referente aos problemas de simplificações e incompletude dos conceitos, reforça a ideia de que muitos termos científicos que estão presentes em LDs de Química/Ciências tem suas características, definições e limitações trabalhadas de modo superficial, possibilitando aos alunos associações e interpretações equivocadas a respeito daqueles.

Santos (2018) ressalta que alguns conceitos de substâncias abordados nos LDs as considera como *materiais com propriedades bem definidas e composição fixa*, sem explicar o conceito de “composição fixa” ou de “propriedades bem definidas”. Santos questiona, nesses conceitos, o que os autores dos LDs querem dizer com composição fixa: Uma solução (mistura homogênea) também não apresenta uma composição fixa em toda sua extensão? Não existem estudos que definem muito bem as propriedades de misturas, a exemplo água e álcool, em suas diversas proporções? (LEBO, 1921; ENDERS; KAHL, 2008) Porquanto, como utilizar as mesmas expressões terminológicas para se referir a dois conceitos antinômicos (substâncias e soluções)?

No que tange à precisão terminológica na construção do conhecimento científico, Werneck (2006, p. 175) ressalta:

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.

A despeito dos dois problemas discutidos 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 (SANTOS; SCHNETZLER, 2010), 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^- ” (FONSECA, 2016, p. 264).
- LD2: considerando a teoria de Arrhenius, “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^- ” (SANTOS; MÓL, 2016, p. 129).

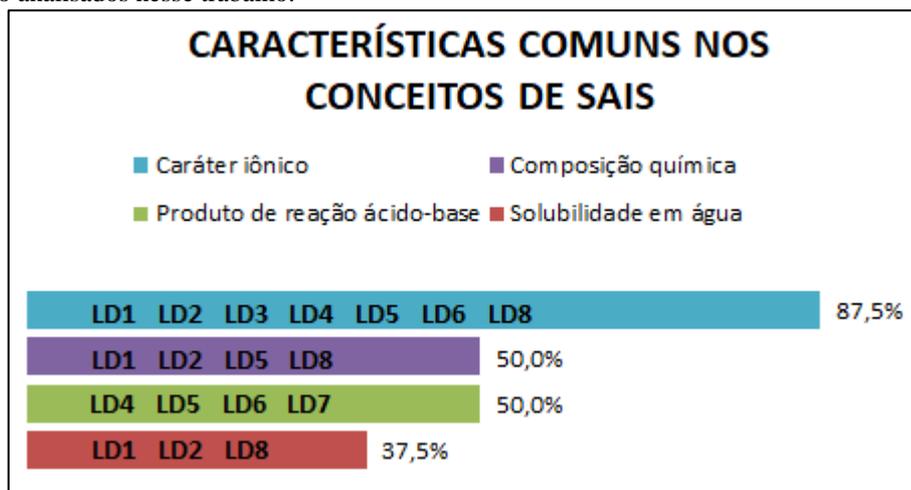
- LD4: “substâncias iônicas que podem ser obtidas por meio de reações químicas entre ácidos e bases, chamadas reações de neutralização” (LISBOA et al., 2016, p. 212).
- LD5: “são compostos formados juntamente com a água na reação de um ácido com uma base de Arrhenius” (FELTRE, 2008, p. 254) e “compostos iônicos que possuem, pelo menos, um cátion diferente do H^+ e um ânion diferente do OH^- ” (Ibid., p. 255).
- 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” (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 156) 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” (Ibid., p 157).
- 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 (CISCATO et al., 2016, p. 164-165).

- LD8: “sais são compostos de caráter predominantemente 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^- ” (FRANCO, 2015, p. 197).

De um modo geral identificamos quatro características predominantes nos conceitos dados nos livros didáticos de Química mencionados anteriormente: 1) caráter iônico; 2) produto de reações ácido-base; 3) composição química e 4) solubilidade em água (Figura 12).

Figura 12 – Características mais comuns nos conceitos de sais presentes nos livros didáticos de Química do Ensino Médio analisados nesse trabalho.



Fonte: Autoria própria.

A. Caráter iônico

Como podemos observar na **Figura 12** 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 só 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.

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 (MORTIMER; MACHADO, 2016, p. 268).

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 conceitos na página anterior). Vale a pena frisar que, dentro do contexto desses LDs, um composto iônico é aquele formado apenas por ligações iônicas, caracterizada pela transferência de elétrons de um átomo para outro, conforme pode ser percebido nas citações abaixo:

- 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” (FONSECA, 2016, p. 242. 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**” (SANTOS; MÓL, 2016, p. 222).
- 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” (LISBOA et al., 2016, p. 125).
- LD5: “Ligação iônica é a união entre átomos, depois que um átomo transfere definitivamente um, dois ou mais elétrons a outro átomo” (FELTRE, 2008, p. 177).
- 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. [...]” (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 120).

Como podemos perceber nas definições anteriores, os autores estabelecem categoricamente o que é uma ligação iônica e, conseqüentemente, um composto iônico, sendo os sais caracterizados como tal. Os autores não apresentam nenhuma interrelação entre caráter iônico-covalente nas ligações interatômicas, 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 [...]” (FRANCO, 2015, p. 197. 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.

É importante lembrar que para a IUPAC (2017) sal é todo composto constituído pela união de cátions e ânions, 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 matematicamente (IUPAC, 2017. 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, já aqueles demais LD mencionados, há uma incompletude, uma vez que só tratam como uma interação entre cargas opostas e não mencionam em nenhum momento que os compostos não devem ser tratados como puramente iônicos.

No que tange a contribuições de caráter iônico e não-iônico nas ligações químicas, pode-se tecer algumas considerações sobre a Regra de Fajan, formulada por Kazimierz Fajan em 1923 e que também é usada para estimar a porcentagem de caráter iônico em uma ligação química (OXTOBY et al., 2011).

Segundo Fajan, se íons positivos e negativos são atraídos, o poder que um íon terá sobre o outro influenciará na natureza desta união. 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 grau de polarização muito grande, 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 (OXTOBY et al., 2011).

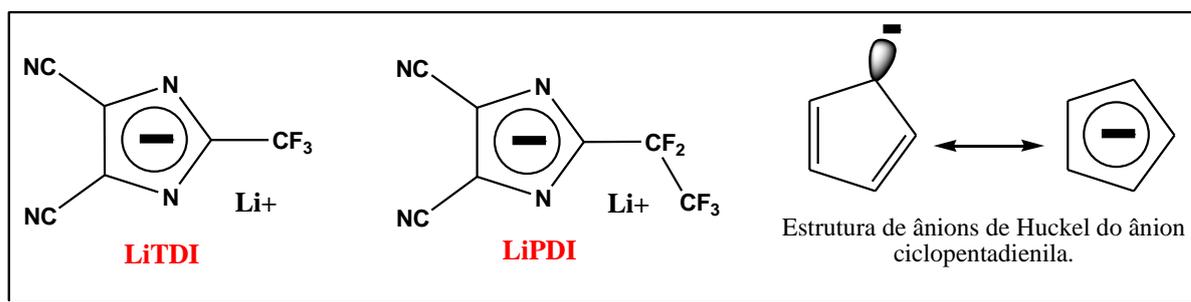
Além das implicações da noção de caráter iônico e covalente para a construção de um conceito consistente para sais, ainda podemos levantar outra problemática relacionada à predominância das ligações que formam esses compostos. Compostos como o cloreto de alumínio, AlCl_3 , que, segundo definições anteriores dos LDs seria enquadrado como sal, possuem ligações com caráter predominantemente covalente. Segundo Russell (1982, p. 697) esse composto “consiste em uma rede tridimensional covalente, na qual os átomos de cloro formam pontes entre os átomos adjacentes de alumínio”. Cracolice (2015) 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 $\text{AlCl}_3(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AlCl}_4^-(\text{aq})$. 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 Lewis⁴, podendo ser aplicada como catalisador em diversas reações tais como a alquilação e acilação de Friedel-Crafts (CAREY, 2011a), redução de Meerwein-Ponndorf-Verley (HU; KELLOGG, 1996), rearranjo de Fries (CAREY, 2011b; CORRÊA et al., 2016), dentre outras.

Desta forma, se considerarmos que todo sal é um composto predominantemente iônico, o AlCl_3 não poderia ser considerado como um sal. O mesmo também seria válido para outros haletos de alumínio, tais como o brometo e o iodeto.

Niedzicki et al. (2011) relataram a síntese de dois sais “estritamente covalentes”, o 4,5-diciano-2-(trifluormetil)imidazolato de lítio (TDI) e 4,5-diciano-2-(pentafluoretil)imidazolato de lítio (PDI) (**Figura 13**), e a caracterização destes, visando sua utilização em baterias de lítio. Os autores abordam o conceito de sais do tipo “Hückel” que, por definição, são sais predominantemente covalentes, formados a partir de compostos aromáticos de 5 membros contendo 6 elétrons π . Os dois sais sintetizados apresentam uma estrutura-base imidazólica carregada negativamente e foram testados como substitutos do hexafluorofosfato de lítio, LiPF_6 , em solventes éster-carbonatos para confecção de baterias. As comparações são bastante positivas: estes sais, covalentes e não propensos à hidrólise protegem o alumínio que revestem as baterias da corrosão.

⁴Ao contrário da teoria ácido-base de Brønsted-Lowry, a teoria de Lewis sobre ácido-base foca no compartilhamento de pares de elétrons, cujo ácido ganha um par de elétrons e a base doa um par de elétrons. Além disso, essa teoria compreende substâncias apróticas com caráter ácido, explicando, dessa forma, porque muitos cátions metálicos produzem soluções aquosas ácidas (BROWN et al., 2005).

Figura 13 – Estrutura de sais predominantemente covalentes, 4,5-diciano-2-(trifluormetil)imidazolato de lítio (TDI) e 4,5-diciano-2-(pentafluoretil)imidazolato de lítio (PDI), sintetizados e caracterizados por Niedzicki et al. (2011).



FONTE: Autoria própria.

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 (FRANCELIN, 2004; GARCIA, 2007). 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*.

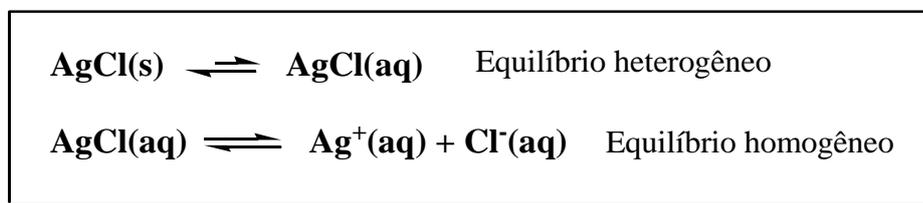
Considerando, portanto, a discussão anterior, os conceitos presentes no LD1, LD2, LD4, LD5 e LD6 cometem equívocos conceituais ao explicar sais como sendo compostos iônicos (e estes, por sua vez, necessariamente formados categoricamente por ligações iônicas), uma vez que não há, com base em discussões 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 dissociarem⁵ em solução aquosa. Entretanto, uma das formas de classificação de sais presentes em vários 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)?

De acordo com Skoog e West (2006) existem algumas substâncias inorgânicas, como sulfato de cálcio, CaSO_4 , e haletos de prata, AgX (em que $X = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$), que são pouco solúveis, dissociando-se parcialmente em água. Estes mesmos autores citam como exemplo o cloreto de prata, AgCl , pois a solução saturada deste sal apresenta quantidades significativas de moléculas⁶ 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 14**).

Figura 14 – Equilíbrios heterogêneo e homogêneo envolvidos no sistema formado por cloreto de prata e água.



Fonte: Autoria própria.

Uma maior atenção em relação à solubilidade dos sais é encontrada no LD8 que, embora não insira no conceito de sais a característica de compostos solúveis em água, tece considerações sobre a solubilidade dos mesmos após apresentação do conceito:

⁵ O termo “dissociação” é utilizado para representar a separação dos íons de cargas opostas (cátions e ânions) dos compostos iônicos, quando dissolvidos em água. Tal fenômeno é percebido quando ao adicionamos NaCl sólido em água, a rede tridimensional dos íons é destruída separando seus cátions Na^+ e ânions Cl^- na proporção de 1:1. Já a terminologia “ionização” é mais utilizada para ácidos e bases (CHANG, 2010). Schultz (1997) relata em seu trabalho uma análise feita em livros didáticos sobre o uso dos termos “ionização” para ácidos e bases e “dissociação” para sais de maneira inconsistente e conclui que, para um melhor entendimento e concatenação de ideias com a Química, os termos ionização e constante de ionização só devem ser usados nos contextos em que os íons são formados a partir de espécies não-iônicas, enquanto que a palavra dissociação deva ser usada somente no contexto de espécies predominantemente iônicas.

⁶ Destacamos a utilização da palavra molécula (espécie química formada por átomos ligados predominantemente por ligações covalentes) pelos autores para se referir ao AgCl , em detrimento do termo agregado iônico. Na versão original, o termo empregado é o mesmo: “*molecule*”.

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 (FRANCO, 2015, p. 199).

A **Tabela 4** mostra a solubilidade de alguns sais e como estes são classificados (solúveis ou insolúveis) nos LDs analisados.

Tabela 4 – 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	(FRANCO, 2015)
NaCl	36,0 g / 100 g de H ₂ O (25°C)	Solúvel	(FRANCO, 2015)
MgCl ₂	54,6 g / 100 g de H ₂ O (20°C)	Solúvel	(LISBOA et al., 2016)
BaSO ₄	3,1·10 ⁻³ g / 100 g de H ₂ O (20°C)	Insolúvel	(LISBOA et al., 2016)
CaSO ₄	0,2 g / 100 g de H ₂ O (20°C)	Insolúvel	(FRANCO, 2015)
LiCO ₃	1,31 g / 100 g de H ₂ O (20°C)	Solúvel	(FRANCO, 2015)
Fe(NO ₃) ₃	91,8 g / 100 g de H ₂ O (20°C)	Solúvel	(FELTRE, 2008)
AgNO ₃	245 g / 100 g de H ₂ O (-)	Solúvel	(FELTRE, 2008)
AgCl	1,9·10 ⁻⁴ g / 100 g de H ₂ O (20°C)	Insolúvel	(LISBOA et al., 2016)
AgBr	1,3·10 ⁻⁵ g / 100 g de H ₂ O (20°C)	Insolúvel	(FELTRE, 2008)

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

Perceba que 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 a 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 (BAUM, 1998; BROWN et al., 2005).

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” (LISBOA et al., 2016, p. 214).

Logo, 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 realizada⁷.

C. Produto de reação ácido-base

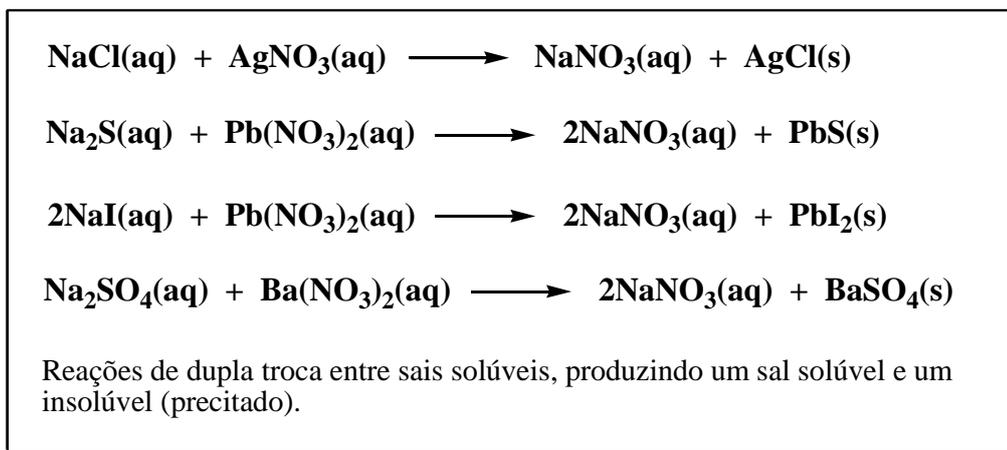
Os conceitos presentes no LD4, LD5, LD6 e LD7 destacam que os sais são produtos de uma reação ácido-base de Arrhenius, o que, por sua vez, pode sugerir aos alunos que todo sal necessariamente é obtido através de reações de neutralização. Todavia, essa noção é equivocada e pode gerar dúvidas e se constituir 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 inorgânico⁸, cujos trabalhos foram iniciados com a síntese de um sal (o cianato de amônio, NH_4OCN) em solução aquosa, a partir da reação entre dois outros sais: o cloreto de amônio, NH_4Cl , e o cianato de prata, AgOCN (SOLOMONS; FRYHLE, 2012; CAREY, 2011a).

Assim como o exemplo anterior, diversos sais podem ser obtidos através de reações de dupla troca entre compostos salinos (**Figura 15**).

⁷ “A solubilidade de uma substância em outra depende da tendência natural dos sistemas de se tornarem mais desordenados e das energias relativas das interações intermoleculares soluto-solvente e soluto-soluto. Os solutos polares e iônicos tendem a dissolver-se em solventes polares, e os solutos apolares tendem a dissolverem-se em solventes apolares (‘semelhante dissolve semelhante’). [...] As interações de ligação de hidrogênio entre soluto e solvente normalmente desempenham papel importante na determinação da solubilidade [...] As solubilidades de gases em um líquido são geralmente proporcionais à pressão do gás sobre a solução, como expresso pela lei de Henry: $S_g = KP_g$. As solubilidades da maioria dos solutos sólidos em água aumentam à medida que a temperatura da solução aumenta. Em comparação, as solubilidades dos gases em água em geral diminuem com o aumento da temperatura” (BROWN et al., 2005, p. 475).

⁸ Em 1828, o alemão Friederich Wöhler realizou um experimento que procurava sintetizar o composto cianato de amônio (NH_4OCN), substância inorgânica, a partir da reação entre os sais cloreto de amônio (NH_4Cl) e cianato de prata (AgOCN). Ele percebeu que ao aquecer uma solução de cianato de amônio, obtinha-se uma quantidade significativa de cristais incolores e límpidos que não eram cianato de amônio. Na verdade, os cristais se tratavam da ureia, substância orgânica encontrada na urina de mamíferos e que possui mesma fórmula molecular do composto NH_4OCN , porém, estrutura diferente, ou seja, isômeros. Desta forma, Wöhler acabou “desmitificando” que os compostos orgânicos só poderiam ser formados apenas pelos seres vivos, tendo em vista que obteve um composto orgânico a partir de um inorgânico (CAREY, 2011a; SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2015).

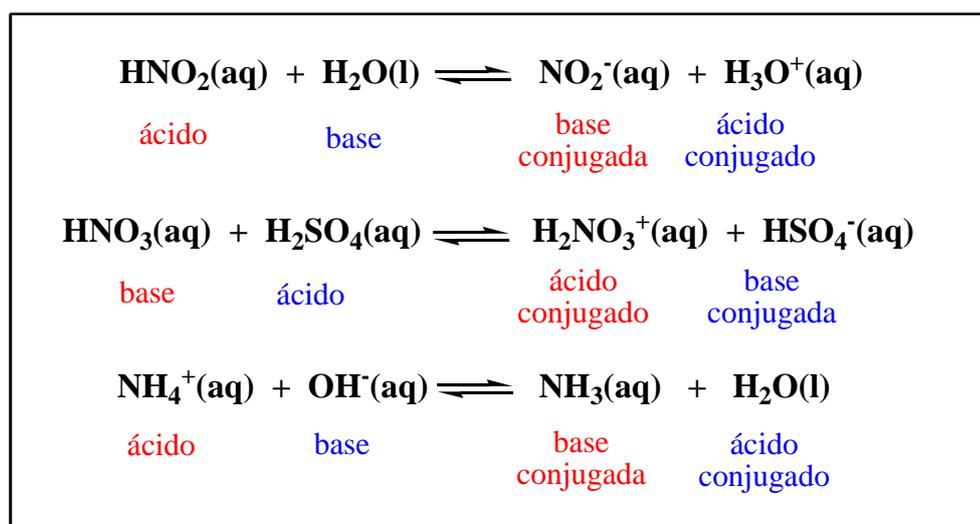
Figura 15 – Equações de reações de dupla troca entre compostos salinos.



Fonte: Autoria própria.

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 (BROWN et al., 2005; COSTA et al., 2005). Logo, ao reagir o ácido nitroso, HNO_2 , que se comporta como ácido de Brønsted-Lowry, com a água, H_2O , que age como uma base de Brønsted-Lowry obtém-se uma base e um ácido conjugado, que não são classificados como sais (**Figura 16**). Outros exemplos de equações de reações ácido-base de Brønsted-Lowry são demonstrados na **Figura 16**, ilustrando que nem toda reação entre um ácido e uma base irá produzir um sal: irá depender dos conceitos que estejam sendo trabalhados.

Figura 16 – Equações de reações entre ácidos e bases de Brønsted-Lowry.

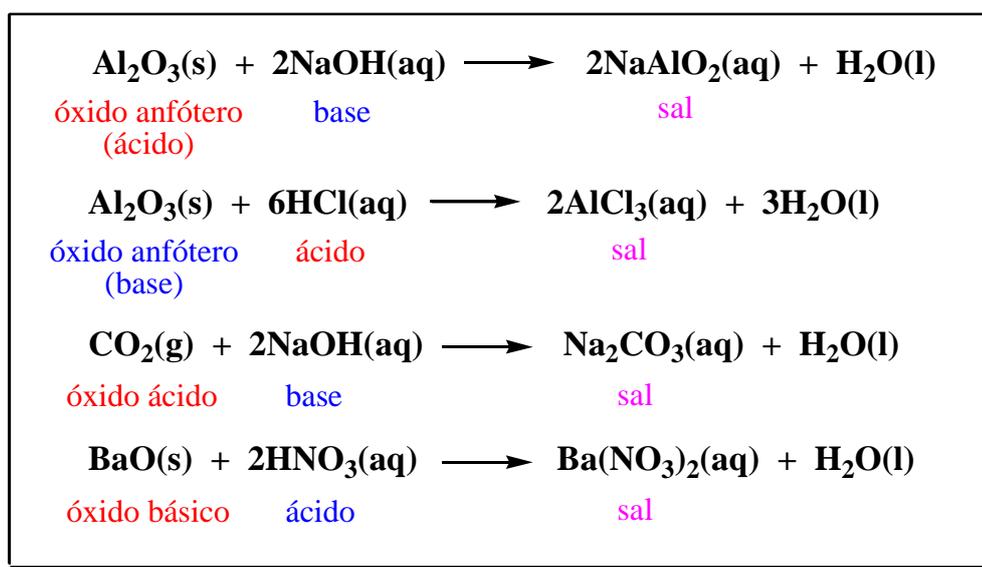


Fonte: Autoria própria.

Outro tipo de reação que obtém sal como produto são aquelas envolvendo óxidos e ácidos e/ou óxidos e hidróxidos (**Figura 17**). Segundo Chang (2015), os óxidos podem ser

categorizados em óxidos ácidos, básicos e anfóteros (que pode ter característica ácida ou básica, dependendo do meio reacional). 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. Este tipo de reação assemelha-se a uma reação de neutralização, mas raramente é classificada como uma. Vale a pena frisar que os conceitos de ácidos e bases trabalhados nessa definição são os de Arrhenius.

Figura 17 – Exemplos de equações químicas de reações entre óxidos e ácidos/bases de Arrhenius formando sais.



Fonte: Autoria própria.

Por exemplo, a reação entre óxido de alumínio (Al_2O_3) e hidróxido de sódio (NaOH) fornece o sal aluminato de sódio hidratado, $\text{NaAlO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (representado, também, como $\text{NaAl}(\text{OH})_4$). Este tipo de reação pode ser classificado como reação de neutralização ácido-base, já que o Al_2O_3 é um óxido anfótero. Neste caso, ele assume a função de um ácido que neutraliza a base, NaOH , de acordo com a primeira equação da **Figura 17**. É importante ressaltar que a fórmula do aluminato de sódio, NaAlO_2 , pode sugerir a ideia de que o composto é um óxido; entretanto, o professor deve observar que o ânion nessa espécie é o aluminato, AlO_2^- (ou $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$, se considerar sua hidratação), e não o óxido, O^{2-} .

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 quantidade nos conceitos presentes nos livros 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, obviamente, 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 superiores (BROWN et al., 2005; ATKINS; JONES, 2012; KOTZ et al., 2015) como no Gold Book da IUPAC (IUPAC, 2017). 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. Sal como função inorgânica

Função Química é o termo usado para se referir ao conjunto de espécies químicas que possuem propriedades semelhantes. Além disso, considera o comportamento destas espécies ao interagirem em determinado meio – aquoso, por exemplo (CAMPOS; SILVA, 1999). 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” (LISBOA et al., 2016, p. 199).
- 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” (FELTRE, 2008, p. 232. 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**” (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 144. Grifo nosso).

Os 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. De acordo com Campos e Silva (1999), essa categorização é inadequada, pois as propriedades que possibilitariam a separação desses compostos em grupos/classes (classificação) 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 à interações dessas substâncias com o meio e às condições que lhe são fornecidas.

Além disso, ainda para os mesmos autores, tais categorias provocam uma enorme desordem, pois misturam critérios comportamentais com critérios constitucionais, o que pode ser observado no LD4 e LD6. Nesses LDs, os autores definem sais como funções inorgânicas, mas os classificam conforme a constitucionalidade, sem se reportar a sua interação com o meio em que ele será trabalhado (geralmente, sólido ou aquoso). Quando sais distintos são adicionados à água, eles podem se comportar como ácido, base ou permanecer neutro, caracterizando propriedades distintas para essas substâncias (OLIVEIRA; VIVEIROS, 2013). Martins et al. (2016, p. 1) ressaltam que “ao trabalhar o tema ‘Funções Inorgânicas’ no ensino médio, desenvolve-se uma série de definições e classificações que estão relacionadas fundamentalmente às fórmulas das substâncias químicas e não à maneira como reagem”.

O LD5 classifica os sais conforme sua funcionalidade e constitucionalidade, porém, se contradiz e comete alguns equívocos. Ao reportar sais como funções inorgânicas, comete erros e gera bastante confusões, pois ao discorrer a parte constitucional e funcional mistura “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” (CAMPOS; SILVA, 1999, p. 19).

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 (FRANCO, 2015, p. 184. Grifo nosso).

No que tange à abordagem de compostos inorgânicos como classes funcionais, Silva et al. (2014, p. 262-266) fazem os seguintes apontamentos:

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.

Em linhas gerais, autores como Oliveira e Viveiros (2013), Silva et al. (2014) e Campos e Silva (1999) declaram que classificar sal como função é inadequado, pois além de gerar confusões, contribui para tornar a Química uma Ciência enfadonha, a qual a maioria dos alunos memoriza os conteúdos por não conseguir compreendê-los. O professor deverá estar atento a possíveis abordagens equivocadas desses compostos como funções inorgânicas nos livros didáticos de Química adotados em suas escolas.

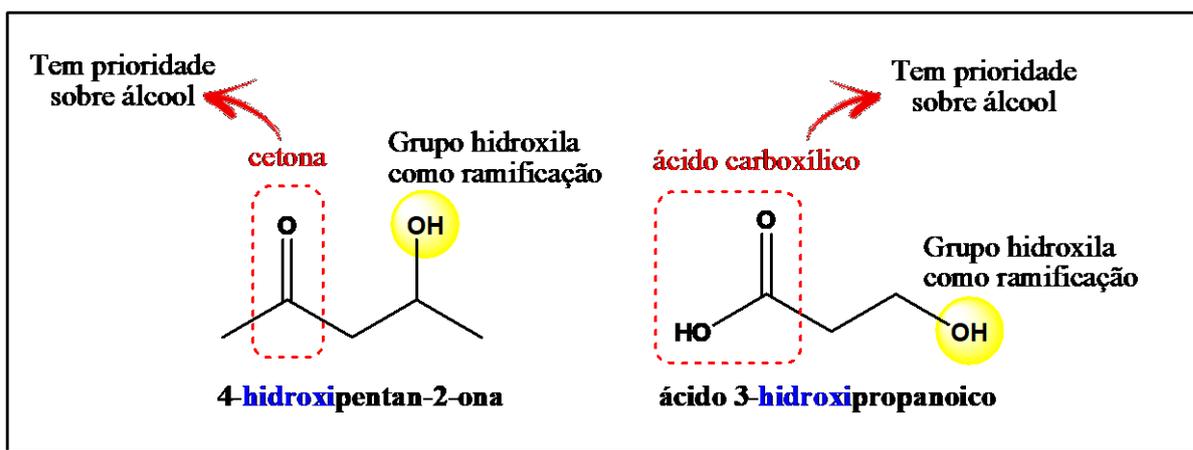
F. Hidróxido ou Hidroxila?

Embora os termos hidróxido e hidroxila pareçam similares e apresentem a mesma composição elementar (OH), existem diferenças entre esses termos. Nos LD2, LD5 e LD6 foi identificado que os autores tratam o íon hidróxido como hidroxila, o que não é correto. 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 (ver p. 54 e 55). “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 classificação de bases de Arrhenius (hidróxidos) e pela basicidade de um sistema, pOH (potencial hidroxiliônico) (IUPAC, 2017).

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” (LISBOA et al., 2016 p. 213. Grifo nosso), sendo que em todas as outras ele o descreve corretamente. 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 coleção, ele passou a ser tratado como hidroxila, apresentando, portanto, uma inconsistência das terminologias usadas pelos autores.

Por fim, ainda segundo a IUPAC (2017), 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, $\bullet\text{OH}$. 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 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”, conforme mostra a **Figura 18**.

Figura 18 – Exemplos de nomenclaturas de funções orgânicas mistas que apresentam o grupo hidróxi como ramificação.



Fonte: Autoria própria.

4.1 A CLASSIFICAÇÃO DE SAIS NOS LIVROS DIDÁTICOS

Os livros didáticos estudados (com exceção do LD3) classificam os sais tanto segundo sua constituição quanto sua funcionalidade. Porém, alguns apresentam equívocos e contradições ao tratarem das classificações dos sais, podendo gerar confusões durante o processo de ensino-aprendizagem e se constituírem em obstáculos epistemológicos ao ensino de Química.

Na **Tabela 5** a seguir estão presentes as classificações de sais encontradas nos LDs analisados.

Tabela 5 – Síntese das classificações de sais presentes nos LDs analisados. (continua)

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” (FONSECA, 2016, p. 265).</p> <p>Básico: “possui cátion proveniente de base forte e ânion proveniente de ácido fraco” (Ibid., p. 265).</p> <p>Ácido: “possui cátion proveniente de base fraca e ânion proveniente de ácido forte” (Ibid., p. 266).</p>
LD2	Funcional	<p>Neutro: “são aqueles que quando dissolvidos em água, não altera seu pH” (MÓL; SANTOS, 2016, p. 137).</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” (Ibid., p. 137).</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” (Ibid., p. 137).</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” (LISBOA et al., 2016, p. 214).</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” (Ibid., p. 214).</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” (Ibid., p. 214).</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” (Ibid., p. 214).</p> <p>Sais hidratados: “apresentam água em sua estrutura cristalina” (Ibid., p. 214).</p> <p>Sais anidros: “não há água em sua estrutura cristalina” (Ibid., p. 214).</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.” (Ibid., p. 214).</p>
LD5	Constitucional, Funcional e quanto à solubilidade em H ₂ O	<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” (FELTRE, 2008, p. 255).</p> <p>Sais ácidos ou hidrogenossais: “são sais que apresentam hidrogênio ionizáveis em suas estruturas” (Ibid., p. 257).</p> <p>Sal básicos ou hidroxissais: “são sais que apresentam hidroxilas em suas estruturas” (Ibid., p. 257).</p> <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)” (Ibid., p. 258).</p>

Tabela 5 – (continuação) Síntese das classificações de sais presentes nos LDs analisados.

Livro didático	Classificação Abordada	Conceitos
LD6	Constitucional	<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^+” (NOVAIS; ANTUNES, 2016, p. 161).</p> <p>Hidrogenossais: “são aqueles que têm um só tipo de cátion e cujo ânion contém um ou mais hidrogênios ionizáveis. Os hidrogenossais formam-se quando apenas parte dos H ionizáveis de um poliácido é neutralizado por uma base” (Ibid., p. 161).</p> <p>Hidroxissais: “são aqueles que têm um só tipo de cátion e cujo ânion contém uma ou mais hidroxilas” (Ibid., p. 162).</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” (Ibid., p. 162).</p>
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” (CISCATO et al., 2016, p. 167).</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” (Ibid., p. 167).</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^-” (Ibid., p. 167).</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” (FRANCO, 2015, p. 205).</p> <p>Hidroxissais: “[...] a base é parcialmente neutralizada pelo ácido, formando um sal com a presença de OH^- na fórmula” (Ibid., p. 205).</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.

No LD1, a classificação de sais trabalhada pela autora é a funcional, em que a mesma classifica os sais como neutros, ácidos ou básicos, de acordo com o disposto na **Tabela 5**. Apesar de não citar a água na classificação, 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” (FONSECA, 2016, p. 256. Grifo nosso). É importante que o professor que trabalhe com esse LD, interligue as ideias apresentadas nesse parágrafo com as classificações 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**” (FONSECA, 2016, p. 256. Grifo nosso). Esta afirmação não está totalmente correta, pois como já abordado anteriormente, sais com essas características não irão ser necessariamente sais neutros, pois dependerá do valor do K_a e K_b das espécies envolvidas (KOTZ et al., 2015).

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 são oriundos 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-base (CHANG, 2015) 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 estava ligado. (KOTZ et al., 2015).

Dentre aqueles que abordam apenas a classificação funcional dos sais, apenas o LD7 trabalha os conceitos da forma mais adequada, sem equívocos conceituais ou contradições, conforme pode ser percebido na **Tabela 5**.

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).

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 que podem auxiliar na previsão de outros. O ato de classificar, a princípio, torna os objetos e fenômenos mais fáceis de serem compreendidos (PIEIDADE, 1977). 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.

Entretanto, deve-se ter o cuidado na forma de abordagem dessas classificações nos materiais didáticos. Oliveira e Viveiros (2013) apresentaram um trabalho em que avaliavam o estudo de sais em LDs de Química, com base em uma perspectiva Ausubeliana. Segundo esses mesmos autores, 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. Devido a erros conceituais, má colocação de ideias, simplificação de concepções e a grande quantidade de conteúdos, os estudantes acabam bloqueando suas mentes, dificultando mais ainda o entendimento das teorias apresentadas.

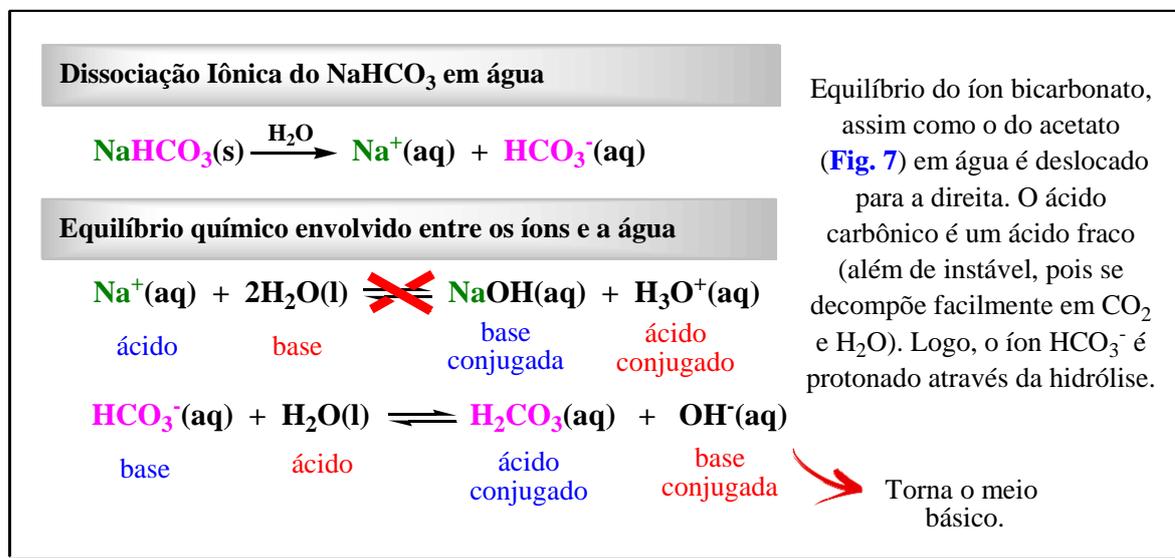
Considerando o exposto e longe de mitigar a relevância do sistema de classificação nas Ciências, levantamos alguns questionamentos: como as classificações de sais são abordadas nos livros didáticos? Elas são feitas de forma mecânica e favorece/estimula memorizações? Ou são abordadas a partir de temáticas 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 essas classificações, os mesmos são claros e diretos, apresentando conceitos simples. Entretanto, é notório que tais classificações 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 essas classificações, 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 classificações 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)” (FELTRE, 2008, p. 258).

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, $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$, que é um ácido fraco e, portanto, tem a tendência a estar protonado, deslocando o equilíbrio da reação para a direita (**Figura 19**).

Figura 19 – Equações químicas que demonstram os equilíbrios químicos em fase aquosa.



Fonte: Autoria própria.

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 devido ao equilíbrio químico explicado na **Figura 19**. Coincidentemente, durante a elaboração de tal pesquisa, o mesmo erro conceitual foi encontrado em uma espécie de resumo publicado por um professor de Química em uma rede social (Instagram), em que o mesmo também considera o NaHCO_3 como um sal ácido (**Figura 20**). Nos questionamos se o professor que elaborou tal resumo utilizou o mesmo LD aqui analisado e ressaltamos a necessidade do cuidado ao elaborar materiais didáticos no ensino de Química partindo de uma única fonte, sem analisá-la de forma criteriosa.

Segundo Costa e Mesquita (2015, p. 18), “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”. 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 (KATO; KIOURANIS, 2013).

Figura 20 – Resumo publicado em uma rede social (Instagram) contendo o erro conceitual encontrado no LD5.

Possível confusão com o termo hidrogenossal.

Erro conceitual no post que fornece exemplificações de sais (entre outros compostos): considera o NaHCO_3 como sal ácido.

The image shows a handwritten note on a whiteboard from an Instagram post. The text is organized into sections with arrows and boxes. At the top, it defines Arrhenius acids: "Para ARRHENIUS, Ácido → Toda substância que, em solução aquosa, sofre ionização liberando H^+ (H_3O^+)." Below this, acids are divided into "Hidrácido" (Acido sem oxigênio: HF , HCl , HBr , HCN , H_2S , HI ...) and "Oxiácido" (Acido com oxigênio: HClO_3 , H_2SO_4 , HNO_3 , H_3PO_4 , H_2CO_3 ...). Next, it defines Arrhenius bases: "Para ARRHENIUS, Base → Toda substância que, em solução aquosa, sofre dissociação, liberando como único ânion o OH^- ." Examples include "Base ou Hidróxidos" like NaOH , Ca(OH)_2 , and Al(OH)_3 . The dissociation of NaOH is shown as $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ and $\text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}^{3+} + \text{OH}^-$. Then, it defines Arrhenius salts: "Para ARRHENIUS, Sais → Toda substância que, em solução aquosa, sofre dissociação, liberando, pelo menos, um cátion diferente de H^+ e um ânion diferente de OH^- ou O^{2-} ." It states "Sais podem ser" and lists "Sal ácido NaHCO_3 ...", "Sal bicarbonato $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ", "Sal básico Ca(OH)Cl ", and "Sal duplo / Mistro Na_2LiSO_4 , $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ". Finally, it defines Arrhenius oxides: "Para ARRHENIUS, Óxido → composto binário, ou seja, formado por dois elementos, sendo que o oxigênio é o mais eletronegativo." It lists "Ácido CO_2 , SO_2 ...", "Básico Na_2O , BaO ", "Duplo/Misto $\text{Fe}_2\text{O} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ", "Amfótero ZnO , Al_2O_3 ", and "Peróxido H_2O_2 , MgO_2 ". A red arrow points from the text on the left to the "Sal ácido NaHCO_3 ..." entry in the notes.

Fonte: Instagram @quimicaenem.

Tal raciocínio presente no LD5, no que tange à confusão das classificações, pode ter surgido a partir da relação correta entre hidroxissais e sais básicos, reportados em vários trabalhos na literatura (MEYN et al., 1993; AGUIRRE et al., 2011; WANG et al., 2011). 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.

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 de 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*, os autores não se aprofundam nos conceitos químicos destes, embora nada impeça do professor trabalhar tais conceitos quando estes forem abordados no material didático.

4.2 OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NOS LIVROS DIDÁTICOS SOBRE O CONTEÚDO DE SAIS

Considerando todos os livros didáticos investigados, foram identificados poucos tipos de obstáculos epistemológicos. O mais comum foi o obstáculo realista, pois a forma de abordagem dos autores quando fazem referência a alguma representação nem sempre é adequada. Quando os LD1, LD2, LD5 e LD8 referem-se às reações químicas a partir de suas equações, podem se constituir em um obstáculo epistemológico realista, pois apresentam um modelo (a equação química) como algo concreto (a reação química):

- LD1: “Reação entre cloreto de sódio e nitrato de prata: $\text{NaCl}(\text{aq}) + \text{AgNO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq}) + \text{AgCl}(\text{ppt})$ ” (FONSECA, 2016, p. 266).
- LD2: “Ao tomarmos antiácidos, vamos provocar uma reação de neutralização do ácido clorídrico no nosso estômago, da seguinte forma: $3\text{HCl}(\text{aq}) + \text{Al}(\text{OH})_3(\text{aq}) \rightarrow \text{AlCl}_3(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ” (SANTOS; MÓL, 2016, p. 131).
- LD5: “O uso industrial de NaCl é a produção de NaOH, H₂ e Cl₂, pela reação: $2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{eletricidade}} 2\text{NaOH} + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$ ” (FELTRE, 2008, p. 258).
- LD8: Apresenta quadros intitulados “exemplos de reações entre ácido e sal” e “exemplo de reações entre bases e sais”, porém, nestes quadros têm apenas equações químicas que representam tais reações (FRANCO, 2015, p. 206-207).

Embora em capítulos anteriores os livros expliquem o que são equações e fórmulas químicas, eles devem ter cuidado no tratamento dessas ao longo dos demais capítulos, de modo a evitar que um dado modelo passe a ser trabalhado/encarado como o objeto real ao qual aquele primeiro representa.

Na nossa análise, obstáculos epistemológicos animistas, verbais, substancialistas e de experiência primeira não foram identificados nos capítulos referentes a *Sais* presentes nos LDs em questão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento dessa pesquisa possibilitou analisar os conceitos relativos ao conteúdo de *Sais* presentes nos 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 grande parte dos LDs de Química do 1º Ano do Ensino Médio (exceto o LD3, que contém o conteúdo de sais no livro de 2º Ano) apresentam erros conceituais, equívocos e confusões na abordagem do tema, como também apresentam alguns poucos obstáculos epistemológicos que dificultam o entendimento de determinados conceitos, além de influenciar negativamente no processo de ensino-aprendizagem.

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, conseqüentemente, impedir uma evolução e/ou construção de conhecimento. Além disso, utilizar a classificação “Funções Inorgânicas” para sais de forma inadequada, sem se basear no seu comportamento, possibilita a formação de um falso saber de que os sais podem ser agrupados como um grupo funcional. 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 químicas. Salientamos que muitos livros apresentam os conceitos como verdades concretas, uma vez que não mencionam suas exceções, tornando mais ainda a Química uma Ciência bastante complexa aos olhos daqueles que estão iniciando.

Os principais equívocos encontrados nos LDs foram apresentar sais como sendo compostos que possuem ligações 100% iônicas obtidos unicamente por reações ácido-base, solúveis em água, que apresentam em sua composição pelo menos um cátion diferente de H_3O^+ e pelo menos um ânion diferente de OH^- , como também, utilizar o termo hidroxila quando se referem ao íon hidróxido.

Além desses equívocos, os livros didáticos analisados apresentaram alguns obstáculos epistemológicos, sendo que o mais presente foi o obstáculo realista. A utilização adequada da explicação e da linguagem científica evita a presença de obstáculos epistemológicos, possibilitando uma melhor compreensão dos termos.

Dentro da investigação dos dados, é notória a importância desta pesquisa, já que o livro didático é uma das ferramentas mais utilizadas como mídia educacional e, apesar de existirem diversos trabalhos trazendo tais ideias, ainda se faz necessária uma avaliação em busca de erros, equívocos, obstáculos epistemológicos etc., a fim de identificá-los e eliminá-los. Desta forma, é interessante descartar erros conceituais existentes nos livros didáticos que podem prejudicar ou trazer prejuízos para uma aprendizagem significativa dos estudantes e que tornam a Química uma matéria exaustiva, incompreensível e que requer bastante atividade de memorização. Nesse sentido, acreditamos que é necessário também 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 corrigidos.

REFERÊNCIAS

- AGUIRRE, Jhon Mauricio; GUTIERREZ, Adamo; GIRALDO, Oscar. Simple route for the synthesis of copper hydroxy salts. **J. Braz. Chem. Soc.**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 546-551, Mar. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-50532011000300019&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 15 de dezembro de 2018.
- ATKINS, Peter; JONES, Loretta. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 992 p.
- AUGUSTO, Cleicleia Albuquerque; SOUZA, José Paulo de; DELLAGNELO, Eloise Helena Livramento; CARIO, Silvio Antonio Ferraz. Pesquisa Qualitativa: rigor metodológico no tratamento da teoria dos custos de transação em artigos apresentados nos congressos da Sober (2007-2011). **SciELO**, São Paulo, v. 51, n. 4, p.745-764, dez. 2013.
- BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 316 p.
- BAUM, E. J. **Chemical Property Estimation: Theory and Application**. 1^a ed. Flórida (EUA): CRC Press Book, 1998.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto-MEC/Fundação Nacional de Desenvolvimento da Educação-FNDE. Programa Nacional do Livro Didático – PNLD 1999. *Guia de livros didáticos 5^a a 8^a Séries*. 1998. 599p.
- BROWN, T. L.; LEMAY-JÚNIOR, L. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 8. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
- CAMPOS, R. C.; SILVA, R. C. Funções da Química Inorgânica... funcionam?. **Química Nova na Escola**, v. 9, p.18-22, maio 1999.
- CAREY, Francis A. **Química Orgânica**. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011a. 1 v.
- CAREY, Francis A. **Química Orgânica**. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011b. 2 v.
- CHANG, Raymond. **Química Geral: Conceitos Essenciais**. 4. ed. São Paulo: AMGH, 2010
- CISCATO, C. A. M.; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E.; PROTI, P. B. **Química**. v. 1. São Paulo: Moderna, 2016.
- CORRÊA, A. G.; OLIVEIRA, K. T. de; PAIXÃO, Marcio W. BROCKSOM, Timothy J. **Química Orgânica Experimental: Uma Abordagem de Química Verde**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
- COSTA, M. C. S.; MESQUITA, N. A. S. Abordagem de conceitos químicos em livros didáticos de Ciências do 9º ano: do texto ao contexto. **Revista Didática Sistêmica**, v. 17, n. 1, p. 15-28, 2015.
- COSTA, P. R. R.; FERREIRA, V. F.; ESTEVES, P. M.; VASCONCELLOS, M. L. A. A. **Ácidos e Bases em Química Orgânica**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

CRACOLICE, M. S. **Introduction Chemistry: an active learning approach**. 6ª ed. Londres: Cengage Learning, 2015. 928 p.

DÍAZ, O. R T. A realidade do livro didático como recurso curricular Linhas Críticas [online] 2011, 17 (setembro-dezembro): [Data da consulta: 8 de novembro de 2018] Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193522070010>> ISSN 1516-4896

DICIONÁRIO ONLINE MICHAELIS: português, brasileiro. 2018. Disponível em <<https://michaelis.uol.com.br/>> Acessado em 08 abr. 2018.

ENDERS, Sabine; KAHL, Heike. **Interfacial properties of water + alcohol mixtures**. Elsevier, v. 263, p.160-167, fev. 2008.

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**, v. 24, p.30-34, nov. 2006.

FELTRE, Ricardo. **Química**. v. 1. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

FELTRE, Ricardo. **Química**. v. 1. 7. ed. São Paulo: Moderna, 2008.

FONSECA, M. R. M. **Química**. v. 1. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016.

FRANCELIN, Marivalde Moacir. Ciência, senso comum e revoluções científicas: ressonâncias e paradoxos. **Ci. Inf.** Brasília, v. 33, n. 3, p. 26-34, dezembro de 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19652004000300004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 15 de dezembro de 2018.

FRANCO, D. **Química: Cotidiano e Transformações**. v. 1. São Paulo: FTD, 2015.

FREITAG, B.; MOTTA, V.R.; COSTA, W.F. **O livro didático em questão**. São Paulo: Cortez; Autores Associados, 1989.

FREITAS, N. K.; RODRIGUES, M. H. O livro didático ao longo do tempo: a forma do conteúdo. **Pesquisa**, v. 3, p. 26-33, 2008.

GARCIA, Wilton. Fazer ciência: ou lugar do conceito. Em **Questão** [online] 2007, 13 (janeiro-junho): [Acesso em: 20 dez 2018] Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=465645956011>> ISSN 1807 -8893

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176 p.

GOMES, Henrique José Polato; OLIVEIRA, Odisséa Boaventura de. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. **Ciências & Cognição**, v. 12, p.96-109, dez. 2007.

HARTWING, D. R. et al. **Química geral e inorgânica**. São Paulo: Scipione, 1999. v. 1.

HU, X.; KELLOGG, R. M. (1996). Asymmetric reduction and Meerwein-Ponndorf-Verley reaction of prochiral aromatic ketones in the presence of optically pure 1-aryl-2,2-dimethylpropane-1,3-diols. **Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas-Journal of the Royal Netherlands Chemical Society**, 115(9), 410-&. DOI: 10.1002/recl.19961150906

IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the "Gold Book"). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). XML on-line corrected version: <http://goldbook.iupac.org> (2006-) created by M. Nic, J. Jirat, B. Kosata; updates compiled by A. Jenkins. ISBN 0-9678550-9-8. <https://doi.org/10.1351/goldbook>.

KATO, C. M.; KIOURANIS, N. M. M. O livro didático nas aulas de Química por estudantes do Ensino Médio. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 9., 2013, São Paulo. **Anais...** . São Paulo, 2013. p. 1 - 8.

KEEPORIS, David. Equilibrium Constants and Water Activity. **Journal Of Chemical Education**. Oakland, p. 999. 1 jul. 2005. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed082p999>>. Acesso em: 7 dez. 2018.

KIM S, CHEN J, CHENG T, GINDULYTE A, HE J, HE S, LI Q, SHOEMAKER BA, THIESSEN PA, YU B, ZASLAVSKY L, ZHANG J, BOLTON EE. PubChem 2019 update: improved access to chemical data. *Nucleic Acids Res.* 2019 Jan 8; 47(D1):D1102-1109. DOI:10.1093/nar/gky1033.[PubMed PMID: 30371825]

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; TOWNSEND, J. R.. TREICHEL, David A. **Química geral e reações químicas**. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015. 2 v.

LABATI-TERRA, Letícia; ATELLA, Georgia Correa; CALDAS, Lúcio Ayres; RIBEIRO, Manuel Gustavo Leitão; HERBST, Marcelo Hawrylak; ALMEIDA, Rodrigo Volcan. Identificação de obstáculos epistemológicos em um artigo de divulgação científica: entraves na formação de professores de ciências?. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, v. 13, n. 3, p.318-333, 2014.

LEBO, R. B. Properties Of Mixtures Of Isopropyl Alcohol And Water. **Journal Of The American Chemical Society**. p. 1005-1011. 1921.

LEITE, Vanessa Mendes; SILVEIRA, Hélder Eterno da; DIAS, Silvano Severino. Obstáculos Epistemológicos em Livros Didáticos: um estudo das imagens de átomos. **Candombá**, v. 2, n. 2, p.72-79, dez. 2006.

LIMA, Telma Cristiane Sasso de; MIOTO, Regina Célia Tamasso. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Katál**, Florianópolis, v. 10, p.37-45, 2007.

LISBOA, J. C. F.; BRUNI, A. T.; NERY, A. L. P.; LIEGEL, R. M.; AOKI, V. L. M. **Ser protagonista: Química**. v. 1. 3. ed. São Paulo: SM, 2016.

LOGUERCIO, Rochele de Quadros; SAMRSLA, Vander Edier Ebling; PINO, José Claudio Del. A Dinâmica de Analisar Livros Didáticos com os Professores de Química. **Química Nova**, v. 24, n. 4, p.557-562, 2001.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnica de Pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MARTINS, F. P.; ALMEIDA, R. V.; HERBST, M. H.. Construindo alternativas ao ensino das “Funções Inorgânicas” à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18., 2016, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Eneq, 2016. p. 1 - 12.

MELZER, Ehrick Eduardo Martins; CASTRO, Leandro de; AIRES, Joanez Aparecida, Guimarães, Orliney Maciel. Modelos Atômicos nos Livros Didáticos de Química: Obstáculos à Aprendizagem?. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2009. p. 1 - 9.

MEYN, Martina; BENEKEE, Klaus; LAGALY, Gerhard. Anion-exchange reactions of hydroxy double salts. **American Chemical Society**, v. 32, n. 7, p. 1209-1215, mar. 1993.

MIRANDA, Fabíola Alves; ARAÚJO, Sandra Cristina Marquez. Identificação de obstáculos epistemológicos presentes em alguns livros didáticos de química do ensino médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 16., 2012, Salvador. **Anais...** Salvador, 2012. p. 1 - 12.

MORAES, R.; RESITO, B. A.; HARRES, J. B. S.; GALIAZZI, M. C.; RAMOS, M. G.; COSTA, R. G. C.; BORGES, R. R. **Construtivismo e ensino de ciências**: reflexões epistemológicas e metodológicas. 3. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008. 230 p.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta. **Química**. 3. ed. São Paulo: Scipione, 2016. 432 p.

NIEDZICKIB, L.; GRUGEONA, S.; GRUGEONA, S.; JUDEINSTEIN, P.; BUKOWSKA, M.; PREJZNER, J.; SZCZECIŃSKI, P.; WIECZOREK, W.; ARMAND, M. New covalent salts of the 4+ V class for Li batteries. **Journal Of Power Sources**. p. 8696-8700. 15 out. 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378775311011438>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

NOVAIS, Vera Lúcia Novais Duarte de; ANTUNES, Murilo Tissoni. **Vivá: Química**. v. 1. Curitiba: Positivo, 2016.

OLIVEIRA, A. J. Evolução e mudança conceitual na história da química: considerações de Kuhn e Duhem **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 37, n. 2, p. 197-208, 2015.

OLIVEIRA, B. G.; ARAÚJO, R. C. M. U. Relação Entre Transferência de Carga e as Interações Intermoleculares em Complexos de Hidrogênio Heterocíclicos. **Química Nova**, v. 30, n. 4, p.791-796, 2007.

OLIVEIRA, L. S.; VIVEIROS, A. M. V. Estudo dos Sais: Livros Didáticos e Aprendizagem Significativa. In: Congresso Brasileiro de Química, 53., 2013, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CBQ, 2013. p. 1 - 2.

OXTOBY, D. W.; GILLIS, H. P.; CAMPION, A. **Principles of Modern Chemistry**. 7^a ed. Stamford (EUA): Cengage Learning, 2011. 1280 p.

PIEIDADE, Maria Antonieta Riqueirão. **Introdução à teoria da classificação**. Rio de Janeiro: Interciência, 1977.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277 p.

ROCHA, W. R.. Interações Intermoleculares. **Química Nova na Escola**, n. 4, p.31-36, maio 2001.

RODRIGUES, Horácio Wanderlei; GRUBBA, Leilane Serratine. Bachelard e os Obstáculos Epistemológicos à Pesquisa Científica do Direito. **Sequência**, n. 64, p.307-333, julho 2012.

RUSSELL, J. B. **Química Geral**. Mcgrawhill, 1982. 896 p.

SANDRIN, Maria de Fátima Neves; PUORTO, Giuseppe; NARDI, Roberto. Serpentes e Acidentes Ofídicos: um Estudo Sobre Erros Conceituais em Livros Didáticos. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p.281-298, 2005.

SANTOS, Marcielio Alves dos. **Análise das abordagens dos conceitos sobre substâncias e misturas nos livros didáticos aprovados pelo PNLEM 2018-2020**. 2018. 45 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba, Sousa, 2018.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (coord.). **Química Cidadã**, v. 2. 3. ed. São Paulo: AJS, 2016.

SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (coord.). **Química e Sociedade**, 1. ed. São Paulo: Editora Nova Geração, 2008.

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, v. 2, n. 2, p. 133-162, dez., 2002.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. 4. ed. Ijuí: UNIJUI, 2010. v. 1. 159p.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa no ensino de química e a importância da Química Nova na Escola. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 20, p. 49-54, 2004.

SCHULTZ, Emeric. Ionization or Dissociation? **Journal Of Chemical Education**. p. 868-869. 1 jul. 1997.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Química Orgânica**. São Paulo: SENAI-SP EDITORA, 2015.

SHRIVER, D. F.; ATKINS, P. W. **Química Inorgânica**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

SIGANSKI, Bruna Prevedello; FRISON, Marli Dallagnol; BOFF, Eva Teresinha de Oliveira. O Livro Didático e o Ensino de Ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 14., 2008, Curitiba. **Anais...** . Curitiba, 2008. p. 1 - 11.

SILVA, Julisse Oker Savi da; EICHLER, Marcelo Leandro. Obstáculos epistemológicos, dificuldades de aprendizagem e o ensino de Química. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18., 2016, Florianópolis. **Anais...** . Florianópolis, 2016. p. 1 - 12.

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**, v. 34, n. 4, p. 261-268, novembro 2014.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M. **Fundamentos de Química Analítica**. 8. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

SOLOMONS, T. W.; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**, v. 1. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

STADLER, J. P.; SOUSA-JÚNIOR, F. S.; GEBARA, M. J. F.; HUSSEIN, F. R. G. S. Análise de Obstáculos Epistemológicos em Livros Didáticos de Química do Ensino Médio do PNL D 2012. **Holos**, v. 2, p.234-243, 2012.

TESSER, Gelson João. Principais linhas epistemológicas contemporâneas. **SciELO**, Curitiba, n. 10, p.91-98, 1995.

TREINTA, Fernanda Tavares; FARIAS-FILHO, José Rodrigues; SANT'ANNA, Annibal Parracho; RABELO, Lúcia Mathias. Metodologia de pesquisa bibliográfica com a utilização de método multicritério de apoio à decisão. **Production**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p.508-520, set. 2014.

TRINDADE, Daniela Jéssica; NAGASHIMA, Lucila Akiko; ANDRADE, Cíntia Cristiane de. Obstáculos Epistemológicos Sob a Perspectiva de Bachelard. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE REPRESENTAÇÕES SOCIAIS, SUBJETIVIDADE E EDUCAÇÃO, 4., 2017, **Anais...**, 2017. p. 16958 - 16971.

WANG, Yun-shan; ZHANG, Jin-ping; YANG, Gang. Solubility and phase diagrams of hydroxyl manganese chloride. **Transactions of Nonferrous Metals Society of China**, China, v. 21, p. 1136-1140, maio. 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1003632611608339>>. Acesso em: 25 dez. 2018.

WERNECK, Vera Rudge. Sobre o processo de construção do conhecimento: o papel do ensino e da pesquisa. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 51, p. 173-196, Junho. 2006 .