

## Alumínio como tema gerador no ensino de Química: uma proposta didático-metodológica

Aluminum as generator theme in teaching Chemistry: a didactical-methodological proposal

Aluminio como tema generador en la enseñanza de Química: una propuesta didáctica-metodológica

Recebido: 28/06/2022 | Revisado: 08/07/2022 | Aceito: 10/07/2022 | Publicado: 20/07/2022

### Leandro de Jesus Castro da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3747-2696>  
Universidade do Estado do Pará, Brasil  
E-mail: leocastro2908@gmail.com

### Erles Ramos da Serra

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6745-3440>  
Universidade do Estado do Pará, Brasil  
E-mail: erles.serra@gmail.com

### Andrew Magno Teixeira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5445-3134>  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil  
E-mail: andrewmagno@ufrj.br

### Neidy Samara Sousa dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0177-8004>  
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil  
E-mail: neidysamara@gmail.com

### Marcos Antônio Barros dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1424-4132>  
Universidade do Estado do Pará, Brasil  
E-mail: marcos@uepa.br

### Resumo

O ensino de Química é indispensável para compreensão do mundo atual, porém, possui características de desconexão entre os saberes do educando e os conteúdos programáticos da disciplina. É imprescindível a inserção de metodologias facilitadoras da aprendizagem, que auxiliem na formação crítica e promoção da reflexão sobre o conhecimento químico, agregando aspectos tecnológicos, ambientais e socioeconômicos. Para vinculação entre educação e sociedade são incluídos os temas geradores de conhecimento no campo educacional. O alumínio é um importante elemento químico, que permite abordagens desta natureza por associar-se a diversos âmbitos de aplicabilidade na sociedade e sua presença no cotidiano do aluno. O objetivo deste é desenvolver uma proposta de experimentos demonstrativos tendo como temática o alumínio e discutir suas características ímpares, não só em escala industrial, mas, também, em uma perspectiva do ensino de química, gerando uma proposta didático-metodológica. Os aspectos metodológicos consistem em 3 etapas: (i) pesquisa bibliográfica para conhecer os eixos teóricos existentes na literatura; (ii) levantamento de dados bibliográficos e proposição de um questionário sobre os processos de reciclagem desse metal em diversas aplicações cotidianas; e (iii) realização de 3 aulas abordando os aspectos históricos e sociais, propriedades e reações químicas e 3 experimentos envolvendo o alumínio, visando a demonstração experimental de 3 reações em suas diferentes características químicas. Considera-se que o presente estudo indica que esse eixo temático é favorável para o processo de ensino-aprendizagem, devido ofertar uma gama de conceitos específicos de química, desde reações químicas até propriedades físico-químicas do elemento alumínio, juntamente com vieses ambientais.

**Palavras-chave:** Ensino de química; Temas geradores; Alumínio.

### Abstract

Chemistry teaching is essential for understanding the world today, however, it has characteristics of disconnection between the student's knowledge and the program contents of the discipline. It is necessary to insert facilitating methodologies of learning, which will aid the critical formation and the promotion of reflection on the chemical knowledge, adding technological, environmental and socioeconomical aspects. Thus, to link education and society the knowledge generator themes are included in the educational field. Among these, aluminum is an important chemical element, which allows this type of approach for being associated to several scopes of applicability in the society and being present in the student's daily life. In this context, the objective of this work is to develop a theoretical and experimental study involving such metal and to discuss its singular characteristics, not only on industrial scale, but also in a chemistry teaching perspective, generating a didactic-methodological proposal. The methodological aspects consist of 3 stages: (i) bibliographical research to know the theoretical axes existing in the literature; (ii) survey of

bibliographical data and proposition of a questionnaire about the recycling processes of this metal in several daily applications; and (iii) realization of 3 classes approaching the historical and social aspects, properties and chemical reactions and 3 experiments involving aluminum, aiming at the experimental demonstration of 3 reactions in its different chemical characteristics. This study indicates that this thematic axis is favorable for the teaching-learning process, because it offers a range of specific concepts of chemistry, from chemical reactions to physical-chemical properties of the element aluminum, along with environmental biases.

**Keywords:** Chemistry teaching; Generator themes; Aluminum.

### Resumen

La enseñanza de la química es esencial para entender el mundo actual, sin embargo, tiene características de desconexión entre los conocimientos del alumno y el programa de la asignatura. Es imprescindible introducir metodologías que faciliten el aprendizaje, que ayuden a la formación crítica y al fomento de la reflexión sobre el conocimiento químico, añadiendo aspectos tecnológicos, medioambientales y socioeconómicos. Para vincular la educación y la sociedad, se incluyen temas generadores de conocimiento en el ámbito educativo. El aluminio es un elemento químico importante, que permite enfoques de esta naturaleza porque se asocia con diversas áreas de aplicabilidad en la sociedad y por su presencia en la vida cotidiana de los estudiantes. El objetivo de este estudio es desarrollar una propuesta de experimentos demostrativos con el aluminio como tema y discutir sus características únicas, no sólo a escala industrial, sino también en una perspectiva de enseñanza de la química, generando una propuesta didáctico-metodológica. Los aspectos metodológicos consisten en 3 etapas: (i) investigación bibliográfica para conocer los ejes teóricos existentes en la literatura; (ii) levantamiento de datos bibliográficos y propuesta de un cuestionario sobre los procesos de reciclaje de este metal en diversas aplicaciones cotidianas; y (III) realización de 3 clases abordando los aspectos históricos y sociales, propiedades y reacciones químicas y 3 experimentos que incluyan el uso del aluminio, buscando la demostración experimental de 3 reacciones en sus diferentes características químicas. Se considera que el presente estudio indica que este eje temático es favorable para el proceso de enseñanza-aprendizaje, debido a que ofrece una gama de conceptos específicos de la química, desde las reacciones químicas hasta las propiedades físico-químicas del elemento aluminio, junto con los sesgos ambientales.

**Palabras clave:** Enseñanza de la química; Temas generadores; Aluminio.

## 1. Introdução

Na sociedade contemporânea marcada pelo intermitente avanço tecnológico, em que saberes interdisciplinares são pré-requisitos para acompanhar esse progresso científico, é inconcebível um ensino de química dispare de metodologias facilitadoras de aprendizagem, devido possibilitar a desconexão entre conhecimentos prévios e conteúdos abordados em sala de aula, culminando em pouco aprendizado por parte dos estudantes, ocasionando em relatos de baixa empatia com a disciplina em questão (Quadros, 2004). Em contrapartida, estudos apontam que quando o aluno é instigado a resolver problemas, desenvolver senso crítico sobre fatores atrelados ao seu cotidiano, atuar ativamente em seu próprio aprendizado, consegue-se aproveitar de maneira satisfatória os conteúdos programáticos a ser debatido em sala (Santos et al., 2013).

Desta forma, temas geradores de conhecimento vêm ganhando notoriedade no campo educacional (Miranda et al., 2017; Costa et al., 2016), podendo ser entendidos como o assunto que centraliza o processo de ensino e aprendizagem, aos quais emergem frutos oriundos das responsabilidades docentes de mediação e o interesse discente, ou seja, são promotores de estudos, pesquisas, análises, reflexões, discussões e conclusões, levando o estudante a aproveitar melhor o conteúdo exposto (Corazza, 2003).

Denomina-se como “tema gerador” porque, quaisquer que sejam sua natureza de compreensão como a ação provocada ao seu contato, há a possibilidade de se desdobrar em inúmeros outros temas geradores que, por sua vez, centraliza novas problemáticas a serem resolvidas (Freire, 2014). Quadros (2004) faz uma análise bastante interessante, relatando que temáticas utilizadas em diversas bibliografias podem idealizar a química como prejudicial e não uma área fundamental para o bem estar da sociedade. A autora exemplifica temáticas envolvendo desastres biológicos e ambientais, como, por exemplo, chuva ácida, derramamento de óleo em fontes hídricas, etc, chamando atenção, também, de que poucos são os trabalhos que versam a abordagem de que a mesma química pode ser utilizada para reverter tais percalços.

Desta forma, neste trabalho, há a sugestão do elemento químico Alumínio (Al) como tema gerador no ensino de química. Isso é concebível devido este metal pertencer a classe dos metais mais abundantes na crosta terrestre, tornando-se

muito comum no meio ambiente e cotidiano dos discentes. Por possuir essa característica, este é produzido, comercialmente, a cerca de 150 anos e nesse período sua industrialização se expandiu, estando presente em 6 regiões geográficas mundiais (África, América do Norte, América Latina, Ásia, Europa e Oceania), tendo o Brasil em 6º lugar no ranking mundial de produção (Oliveira et al., 2012).

Segundo a Associação Brasileira do Alumínio (ABAL) o minério industrial mais importante é a “Bauxita” – no ciclo do Al - com um teor de 35% a 45% de Óxido de Alumínio ( $Al_2O_3$ ), contendo a maior prevalência de reservas em regiões tropicais e, no Brasil, concentram-se na Amazônia. Outro fator que merece destaque é que o Brasil possui vocação para a produção de Al, devido possuir a 3ª maior reserva de bauxita do mundo, possui um alto potencial de geração de energia hidrelétrica, que é um insumo crucial para obtenção do alumínio primário através de eletrólise (ABAL, 2007). Com base nesse contexto, pode-se perceber que temáticas envolvendo este metal pode ser uma boa proposta didático-pedagógica para o ensino de química, visto sua importância socioeconômica, ambiental e química. Tais arguições são debatidas no trabalho de Genovese et al., (2020), ao propor uma sequência didática baseada na temática alumínio visando uma apropriação conceitual de características físico-química como também a dialética entre tais conceitos com conhecimentos histórico, social e políticos em sala de aula.

Devido a sua importância em diversos setores sociais e econômicos, bem como, a sua presença, associado ao cotidiano dos moradores da área circundante do município de Barcarena- PA – local de desenvolvimento da pesquisa em questão -, surgiu a justificativa da realização deste trabalho. Com isso, o objetivo deste é desenvolver uma proposta de experimentos demonstrativos tendo como temática o alumínio e discutir suas características ímpares, não só em escala industrial, mas, também, em uma perspectiva ensino de química, gerando uma proposta didático-metodológica.

## **1.2 Parâmetros físicos e químicos do alumínio**

O alumínio é um elemento bastante utilizado na indústria e em vários utensílios presentes no cotidiano, devido sua grande variedade de características físico-química. Este metal pertencente ao grupo 13 e período 3 da tabela periódica, com sigla “Al”, apresenta número atômico igual a 13 e número de massa igual a 27u, outras características químicas e físicas são apresentadas no quadro 1 (ABAL, 2017).

**Quadro 1:** Características químicas e físicas do alumínio.

PROPRIEDADES	ALUMÍNIO
Ponto de fusão	660 °C (Pureza = 99,8%)
Ponto de ebulição	2470 °C
Resistividade elétrica	0,00000263 ohm/cm <sup>3</sup>
Condutividade elétrica	62% IACS*
Condutibilidade térmica	0,53 K (cal/s . cm. °C)
Densidade	2,70 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico	de 2,70 g/cm <sup>3</sup>
Coefficiente de dilatação térmica linear	0,0000238 mm/°C (Faixa de 20°C - 100°C)
Refletividade	Acima de 80%
Propriedades antimagnética	Não magnético
Reciclagem	100% reciclável
Característica de barreira	Excelente elemento em barreira da luz, umidade e oxigênio
Característica nuclear	Possui baixa absorção de nêutrons
Toxicidade	Não tóxico
Resistencia à corrosão	Altamente resistente a intempéries (Ar, água, etc.)
Ligação química	Entre metais forma ligações metálicas e com hidrogênio e diversos ametais forma ligações iônicas

\*100% IACS (International Annealed Copper Standard) é correspondente a uma resistividade de 20°C de 17,241 nΩ.m.  
Fonte: Adaptado de ABAL (2007).

Todas essas características apresentadas no quadro acima conferem ao Al extrema versatilidade. Destas propriedades apresentadas, duas ou mais são postas em ação quando há a sua aplicação em diversos contextos. A título de exemplo, a combinação do baixo peso com resistência mecânica aplicam-se há aeronaves, vagões ferroviários, caminhões e outros elementos de transporte. A alta resistência a corrosão e a elevada condutibilidade térmica, são importantes para equipamentos nas indústrias químicas e petrolíferas, características combinadas com a atoxicidade necessária em produtos de produção alimentícia (ABAL, 2007).

### 1.3 Obtenção e aplicações do Alumínio

Como já fora mencionado, a principal fonte mineral de alumínio encontra-se na bauxita, que contém uma percentagem considerável de óxido de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). A partir da coleta deste material há o encaminhamento para a indústria, no qual a matéria-prima passará por diversas etapas e processamentos químicos até chegar ao produto final, o alumínio metálico ou primário. O processo mais utilizado industrialmente para tal é denominado de “Processo Bayer”.

**Figura 1** - Bauxita *in natura*.



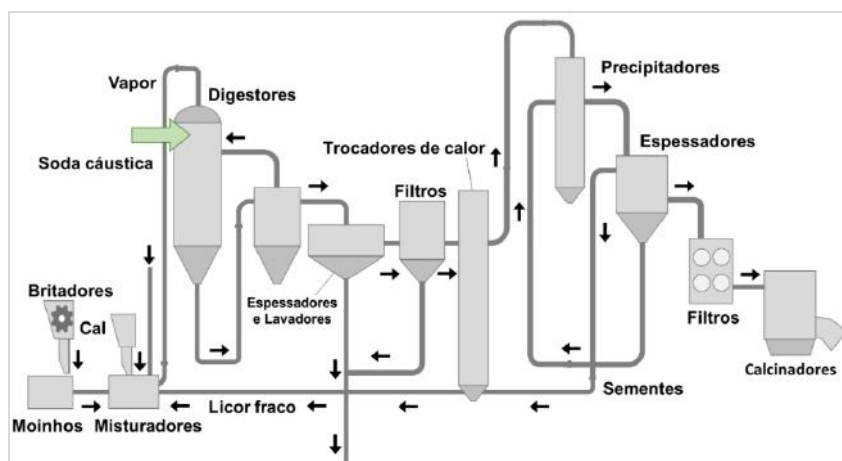
Fonte: Alcoa (2016).

Desta forma, esse ensaio experimental inicia-se, primeiramente, em um processo de homogeneização, denominado “blindagem”, devido o minério ser obtido de diferentes jazidas, o que culminará em uma percentagem de 45% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e 4% de sílica reativa. Em seguida faz-se a moagem em um moinho de barras, o qual atingirá a consistência pastosa e uma granulometria ideal para iniciar a digestão do produto (Toquetto, 2019). A posteriori, põe-se o minério hidratado ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) para reagir com hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) em temperatura constante, por volta de  $150^\circ\text{C}$ , propiciando a formação do aluminato de sódio ( $\text{NaAlO}_2$ ) e, conseqüentemente, a redução do teor de sílica (Toquetto, 2019). A reação química envolvida no processo inicial, a saber:



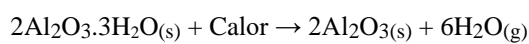
Assim, as condições de processamento da digestão variam de acordo com as propriedades da bauxita, geralmente, operam em temperaturas entre  $200^\circ\text{C}$  e  $240^\circ\text{C}$  e pressão de 30 atm. Em seguida ocorre o clareamento para remoção de resíduos sólidos resultantes da digestão da bauxita (Toquetto, 2019). A Figura 2 apresenta um fluxograma detalhado do processamento em questão. Essa clarificação do licor ocorre em duas etapas: filtração e espessamento. Essa etapa de precipitação do licor livre de resíduos sólidos insolúveis, culminará na reconversão ao óxido de alumínio hidratado ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) consistindo em uma reação inversa de digestão (Toquetto, 2019).

**Figura 2** - Fluxograma simplificado do Processo Bayer de obtenção da Alumina.



Fonte: Adaptado de Abal (2007).

Para finalizar este estágio de obtenção da alumina, segue-se com a etapa de calcinação – produto representado na Figura 3 - o qual envolve a transformação do hidrato em uma mistura cristalina de formas alotrópicas de  $Al_2O_3$ . Assim, o hidrato recém chegado da etapa anterior é lavado e filtrado, como também é realizada a secagem e, por fim o processo de calcinação. A temperatura para a desidratação dos cristais de óxido de alumínio tri-hidratado é, em torno de  $1000^{\circ}C$  (Toquetto, 2019). A reação química desse processo é dada por:



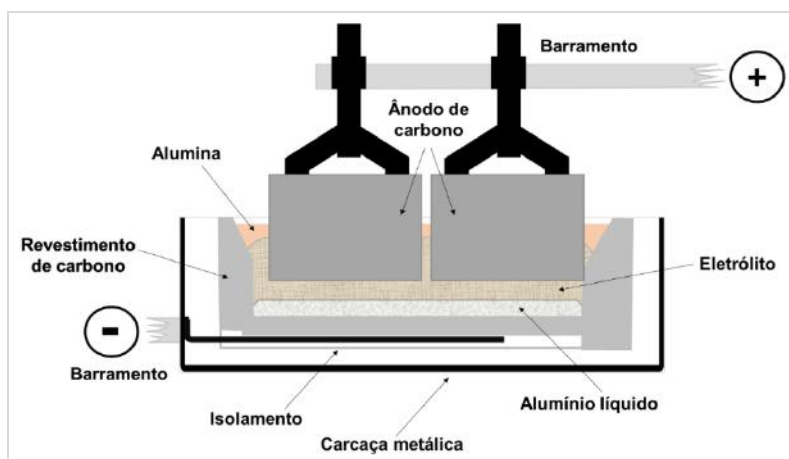
**Figura 3** - Aspecto físico da alumina (Óxido de alumínio) obtido após calcinação.



Fonte: Adaptado de Silva (2010).

Com o processamento da alumina concluído, esta é destinada a cubas eletrolíticas para o processo de eletrólise para remoção do oxigênio do alumínio, levando-o ao seu estado metálico. A Figura 4, representa essa etapa.

**Figura 4** - Cuba Eletrolítica para obtenção de alumínio primário.



Fonte: Adaptado de Abal (2007).

Nesse processo de eletrólise, a alumina é carregada, de maneira controlada, em um eletrólito fundido, constituído por sais de criolita e fluoreto de alumínio. A passagem de corrente elétrica na célula eletrolítica promove a redução da alumina, decantando o alumínio metálico na parte inferior da célula e o oxigênio liberado reage com o ânodo de carbono, formando dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Em estimativas arredondadas, são necessários 5kg de bauxita para a produção de 2kg de alumina culminando em 1kg de alumínio primário (ABAL, 2007), a Figura 5 apresenta os lingotes de alumínio primário prontos para comercialização.

**Figura 5** - Lingotes de alumínio primário para comercialização.



Fonte: Hydro (2019).

#### 1.4 Aspectos ambientais do Alumínio

O alumínio é o segundo metal mais produzido no mundo, com 38 milhões de toneladas, atrás apenas do ferro, seguido do cobre (Aguirre, 2015). Devido a esse destaque do alumínio, evidencia-se a notoriedade de sua importância, considerando a grande busca pelas organizações e empresas industriais. O que realça a utilidade deste metal é que a sua reciclagem é um dos atributos mais importante - tratando-se de questões ambientais -, pois os produtos dele originados podem ser reciclados infinita vezes sem perder suas qualidades no processo de reaproveitamento, sendo o incomum em outros metais, por exemplo (ABAL, 2007).

O ato de reciclar assume diversas funções, às quais apresentam alta relevância nos quesitos ambientais, econômicos e sociais, elevando implicações à esferas como: organização espacial, preservação e uso racional dos recursos naturais; conservação e economia de energia, geração de emprego e renda; desenvolvimento de novos produtos, finanças públicas,

saneamento básico e proteção da saúde pública; além de redução de desperdícios (Calderoni, 2003). A figura 6 apresenta produtos de alumínio coletados e destinados a reciclagem. A figura 6 (a) representa latinhas, itens presentes no dia a dia do consumidor, e a figura 6 (b) são objetos oriundos da construção civil.

**Figura 6** - Materiais de alumínio em processo de reciclagem.



Fontes: (a) Revista alumínio (2019); (b) Pensamento verde (2015).

O setor socioambiental tende a trabalhar na busca pela harmonia entre a sociedade e as empresas, fazendo mediações com o intuito de se obter uma boa relação entre ambos, onde cada integrante possa se sentir bem para viver com qualidade e podendo trabalhar com qualidade e da melhor forma possível. É de extrema importância que a empresa esteja de acordo com o setor socioambiental, desta forma evitará conflitos judiciais e multas de infração. Conforme afirma Lacerda e Moura (2016), existe a incessante busca por uma empresa que fabrique produtos de qualidade e com excelência, considerando aspectos como a sua forma de atuação sob a ética igualitária entre sociedade e meio ambiente da área circundante a qual reside. Toda empresa que deseja estar regularizada e contribuir para o meio socioambiental, recebe as devidas orientações ao se cadastrar na ABAL. Esta associação é responsável pelo controle do material e conscientização de organizações que trabalham com projetos que auxiliem as empresas no cumprimento de seus deveres sob o meio socioambiental.

O grande desafio, quando se fala em saúde e segurança na indústria, é a manutenção de boas condições de trabalho e a redução das taxas de acidentes. Com a adoção de boas práticas e investimentos em segurança, em todas as etapas da cadeia de produção, desde a mineração até a reciclagem, a indústria brasileira de alumínio tem apresentado significativas vitórias [...] (CNI, 2012, p. 32).

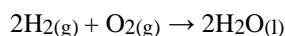
Desta forma, o processo de reciclagem contribui de forma significativa com o setor socioambiental da cidade onde há a extração de bauxita e suas etapas de tratamento subsequentes. Segundo Costa e Pires (2007), esse processamento é considerado o ponto de partida para o desenvolvimento sustentável, possuindo o objetivo de formação e geração acumulativa de riquezas sem agredir. Sendo assim, esse método configura-se como forma de retribuição a sociedade, acarretando a geração de renda familiar como uma forma opcional de sustentabilidade financeira, como é o caso da coleta de latinhas de alumínio para encaminhamento reverso.

### 1.5 Reações químicas envolvendo o alumínio no ensino

As reações químicas são fenômenos que acontecem na natureza, a partir da interação entre átomos, moléculas ou íons, a matéria busca seu estado de menor energia. Essas reações seguem a lei de conservação das massas estipulada pelo nobre cientista Antoine Lavoisier, no qual estipulou como axioma incontestável que, em todas as operações da arte e da natureza, nada se cria; uma quantidade igual de massa está presente antes e depois do experimento (Brown *et al.*, 2016).

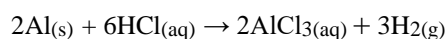


Desta forma, pode-se classificar as reações químicas como um processo no qual uma substância(s) se transforma(m) em uma ou mais substâncias novas. Para haver uma comunicação única entre os químicos, se estabeleceu uma forma padrão de representar essas transformações, utilizando equações químicas (Chang & Goldsby, 2013). A título de exemplo, quando o gás hidrogênio (H<sub>2</sub>) reage com o gás oxigênio (O<sub>2</sub>) forma, como produto, a água (H<sub>2</sub>O), desta forma escreve-se a equação química dessa reação da seguinte forma:



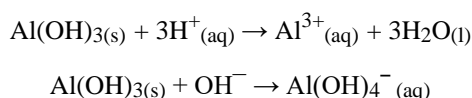
### 1.5.1 Reações simples troca

As reações de simples troca, também, conhecidas como reações de substituição ou deslocamento, fazem parte do conjunto de reações de uma substância simples com uma composta, gerando o deslocamento de um integrante desta última, formando um novo composto simples. A título de exemplo, podemos relacionar as características do alumínio, enfoque deste trabalho. Assim, o alumínio é considerado um metal reativo, porém não reage com água, mas reage com ácidos e bases fortes. A interação com ácido forte é evidenciada a seguir, configurando uma reação de simples troca (Chang & Goldsby, 2013):



### 1.5.2 Reações dupla troca

As reações de dupla troca, conhecida também como dupla substituição, ocorre quando duas substâncias compostas reagem e permutam entre si dois elementos ou radicais, dando origem a dois novos compostos. No nosso caso, pode-se apoiar-se em uma característica peculiar do alumínio, pois este possui caráter anfótero, ou seja, reage tanto com uma base ou ácido, essa propriedade é representada, a saber (Chang & Goldsby, 2013):



Desta maneira, há a percepção de que, quando o alumínio reage com um ácido, configura-se em reação de dupla troca devido a hidroxila reagir com o hidrônio proveniente do ácido e formar moléculas de água – uma nova substância no meio reacional – e o ânion, oriundo da dissociação ácida, pode se ligar com o íon alumínio, gerando um novo composto, um sal inorgânico.

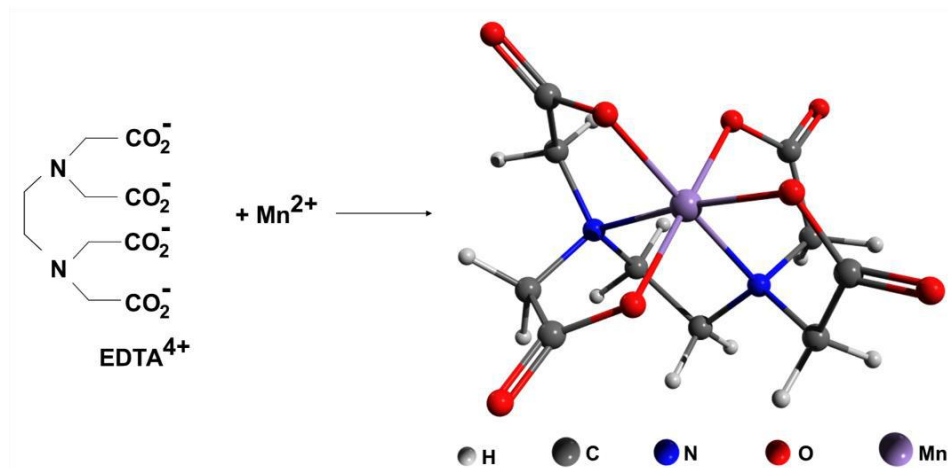
### 1.5.3 Reações de complexação

Muitos íons metálicos formam complexos estáveis solúveis em água, com um número acentuado de aminas terciárias contendo grupamento carboxílico. Esta formação iônica de metais serve como marcador para titulações complexométrica de uma gama de íons metálicos (Baccan *et al.*, 1979). Embora, haja inúmeros compostos usados em complexometria, o mais comum é o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA).

Este composto é muito utilizado devido a sua propriedade de formar complexos estáveis com a maioria dos íons metálicos na proporção 1:1, ou seja, 1 mol de EDTA reage com 1 mol de íons metálicos. Sua principal aplicação é como agente complexante capaz de se ligar fortemente a íons metálicos, sendo aplicado em diversificados processos industriais e vários produtos empregados no cotidiano, como itens de limpeza e aditivos que impedem a oxidação de alimentos catalisados

por íons metálicos (Harris, 2012). A Figura 3 representa a estrutura do EDTA e a formação de um complexo com o íon Manganês ( $Mn^{2+}$ ).

**Figura 7** - Complexação do EDTA (Ácido etilenodiamino tetra-acético) com íon manganês.



Fonte: Adaptado de Harris (2012).

## 2. Metodologia

A natureza metodológica deste trabalho foi conjecturada na premissa da pesquisa descritiva- qualitativa, visando a descrição da relação entre os objetivos pré-estabelecidos e os resultados alcançados, não sendo, apenas, expressos por interlúdio numérico (Praça, 2015). Para Gerhardt e Silveira (2009) esta vertente de pesquisa se aprofunda na compreensão de determinado grupo social, evento ou fenômeno; abstendo-se de um modelo único de pesquisa para todas as Ciências, bem como, de julgamentos, preconceitos e crenças que possam corromper a pesquisa. Holly (2013) complementa que este método visa compreender e explicar as razões de determinado caso e o que convém ser feito a seu respeito, fornecendo uma descrição precisa do fenômeno observado.

Desta maneira, se dividiu o trabalho em três etapas: (I) A primeira consistiu em uma pesquisa bibliográfica para se conhecer os eixos teóricos existentes na literatura, visando fomentar a problemática em debate, para se informar sobre o processo de obtenção, características e propriedades físico-químicas do elemento químico alumínio. Esta pesquisa implica em um conjunto ordenado de procedimentos de buscas por soluções, atento ao objeto de estudo e, por esse motivo, não pode ser esporádico (Lima & Mioto, 2007); (II) A segunda etapa consistiu no levantamento de dados bibliográficos e proposição de um questionário sobre os processos de reciclagem desse metal em diversas aplicações cotidianas, desde embalagens de itens alimentícios, até processos industriais mais complexos para correlacionar seu uso a educação ambiental dos estudantes de química. Para tal, desenvolveu-se um questionário com 6 questões objetivas para levantamento de dados (Tabela 1), surgindo como uma proposta futura de aplicação e obtenção de dados primários.

**Tabela 1** - Questionário sobre os processos de reciclagem de materiais feitos de Alumínio.

<b>1) Você conhece o elemento químico Alumínio e alguma propriedade físico-química desse metal?</b>
<b>2) Cite alguns exemplos de objetos feitos deste elemento que está aplicado no seu dia a dia.</b>
<b>3) Quais os impactos ambientais atrelados ao descarte incorreto de materiais produzidos de Alumínio?</b>
<b>4) Você já fez ou viu alguém descartar objetos de Alumínio na natureza?</b>
<b>5) Qual a importância da reciclagem em relação a objetos feito de alumínio?</b>
<b>6) Dê exemplos de como resolver a problemática da poluição ambiental em relação a objetos de alumínio. Justifique o porquê do uso desses métodos.</b>

Fonte: Autores.

(III) A terceira etapa fora destinada a realização de 3 aulas abordando (III.a) os aspectos históricos e sociais, (III.b) propriedades e reações químicas e (III.c) 3 experimentos envolvendo o alumínio, visando a demonstração experimental de 3 reações em suas diferentes características químicas: essas reações visam demonstrar formas de utilização em sala de aula, na abordagem de reações químicas, por intermédio da temática proposta, além de demonstrar aos alunos formas alternativas de utilização de técnicas, além da reciclagem, como método de (re)utilização de materiais de alumínio descartados no lixo, como mecanismo de preservação ambiental e material instrucional no ambiente escolar, além disso, como método de sistematização do conteúdo, propomos uma lista de exercícios para praticar o que se viu durante a sequência de ensino (fazemos chamada que os 3 arquivos contendo as respectivas etapas de aulas, estão disponível como material suplementar no link: [https://drive.google.com/folderview?id=10qBi83cdfIle0Th\\_S1yr1osbrY5IUjD](https://drive.google.com/folderview?id=10qBi83cdfIle0Th_S1yr1osbrY5IUjD)). Destacamos que esse trabalho pode ser ajustado, conforme a particularidade de cada docente, para um melhor aproveitamento em sala de aula, podendo ser abordado tanto no ensino médio quanto em cursos de graduação.

Para tal, propõe-se o uso de um segundo questionário (Tabela 2) para avaliação dos conhecimentos após a intervenção didática. Esse visa a sistematização do conteúdo, além de se almejar a promoção da aplicabilidade conceitual do que fora repassado no dia a dia dos alunos.

**Tabela 2** - Questionário de avaliação após a aplicação das atividades com a temática proposta.

<b>1) Segundo sua opinião, quais são os motivos que levam as pessoas a fazerem o descarte incorreto desses materiais que contém alumínio?</b>
<b>2) Faça um texto observando os principais aspectos ambientais envolvendo o alumínio.</b>
<b>3) A partir desse conjunto de atividades, como você pode contribuir para levar conhecimentos a outras pessoas que fazem o descarte inadequado desses materiais?</b>
<b>4) A partir de agora, quais serão suas atitudes após usar itens que sejam de alumínio?</b>
<b>5) É importante ter práticas sustentáveis ao utilizar itens feitos de alumínio? Justifique sua resposta.</b>
<b>6) Como você avalia a sequência experimental proposta?</b>

Fonte: Autores.

Ressalta-se que a estruturação dos questionários teve como molde as orientações de Gerhardt *et al.* (2009), o qual mencionam que em sua elaboração deve-se levar consideração aspectos como, os tipos, a ordem, os grupos de perguntas, sua formulação, além de tudo aquilo que se sabe sobre percepção, estereótipos, mecanismos de defesa, liderança etc. existindo 3 tipos de perguntas: fechada, abertas e mistas, além de outros aspectos intrínsecos ao ambiente de análise que visa-se obter dados, retratado na referência em questão.

## **2.1 Descrição, vidrarias e reagentes**

### **2.1.1 Experimento 1: Reações de simples troca**

Os materiais utilizados para o desenvolvimento experimental visando mimetizar a reação de simples troca envolvendo o alumínio, foram:

- 1 tubo de ensaio
- Solução aquosa de ácido clorídrico (HCl) 1M
- 2 g de limálias de alumínio metálico
- 1 pinça

### **2.1.2 Experimento 2: Reações de dupla troca**

Utilizou-se, para demonstrar a reação de dupla troca, o seguintes materiais e reagentes:

- 1 tubo de ensaio
- Solução de Cloreto de alumínio ( $\text{AlCl}_3$ ) a 1 M
- Solução de Hidróxido de sódio (NaOH) a 1M.

### **2.1.3 Experimento 3: Reações de complexação**

Para esse experimento final, fez-se o uso dos seguintes materiais e reagentes para reprodução de uma reação de complexação:

- 1 tubo de ensaio
- Solução aquosa de EDTA 1M
- Solução a 0,01M de hidróxido de alumínio [ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ].

Fazemos uma chamada que acreditamos ter relevância neste contexto, como os experimentos não envolvem substâncias química com teores elevados de toxicidade, os produtos obtidos obter um tratamento de evaporação de solvente e armazenados no laboratório, devidamente etiquetados e identificados, afim de usos em novas práticas experimentais.

## **3. Resultados e Discussão**

A temática “Alumínio” e seus eixos refletem a realidade econômica eminente nas áreas industriais de diversos Estados Brasileiros, principalmente a região norte, no qual concentra um polo importante na produção de Alumina, o qual é suprida por reservas presentes na Amazônia, abundantes e de alta qualidade (ABAL, 2017). Neste eventual cenário debatemos a ideia de maneira simples e objetiva, como processos teóricos e exemplificações experimentais a respeito do alumínio e suas verticalizações, no quesito químico e industrial.

Fazemos questão de ressaltar que em qualquer eixo temático a ser abordado em aulas de química, deva perpassar - ter como ponto inicial - por fatos e fenômenos históricos que demonstre a cronologia de aperfeiçoamento do conhecimento implementado na atualidade, pois o fato de as questões científicas e tecnológicas estarem cada vez mais presentes em nossa sociedade tem destacado a importância de os alunos aprenderem sobre os processos de construção, divulgação e legitimação envolvidos na produção de conhecimento científico (Lima et al., 2021).

Além disso, há o debate de que no ensino de ciências ainda haja uma desconexão com a natureza, o que eleva potencialmente a visão tecnicista, descontextualizada e conteudista eminentes a disciplina, além de contribuir para uma concepção mítica da ciência como algo intrinsecamente “sem história”. Sob esta perspectiva que relatos direcionam um

pensamento sobre como que o ensino da História das Ciências em sala de aula pode ser desenvolvido, pois promove formas de contextualização dos conteúdos e de discussão da natureza da ciência na visão do aluno, melhorando significativamente entraves entre conteúdo/aprendizagem (Resende, 2008).

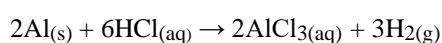
A consolidação da articulação entre esses campos do saber, promoveu a solidificação de argumentos como, a perspectiva de humanizar o conhecimento científico, combater a história de uma ciência fundamentalmente progressiva, linear e de grandes feitos, expondo os embates e controvérsias que tiveram lugar na história de produção do conhecimento científico (Moura, 2021).

Podemos usar como um exemplo - dentre vários descritos na literatura - de pesquisa que aplicara uma metodologia parecida com a aqui debatida, para enfatizar o impacto positivo de uma etapa inicial de proposta didática, a investigação de Pereira et al (2021) onde teceram aproximações teóricas entre características da técnica de mapeamento conceitual e aspectos da elaboração de conhecimento científico ao longo da História da Ciência, elencando características como provisoriade do conhecimento científico; não linearidade na construção de conhecimento; complexidade na elaboração de conceitos científicos, leis e teorias; influência do contexto histórico e social na construção do conhecimento, que, por sua vez, pode alterar esse mesmo contexto; trabalho coletivo de diferentes intelectuais, pesquisadores e cientistas, ao longo do tempo e em diferentes locais, e com proposições de exemplos concretos puderam constatar a eficiência de sua metodologia devido o método organizacional permitir expressar a dinâmica de elaboração de um conhecimento na história da ciência de forma não linear, explicitando semelhanças, distinções e complementaridades que podem existir entre ideias, conhecimentos, conceitos científicos e leis, elaborados ao longo de processos históricos-científicos.

Devidamente debatida os aspectos acima, voltamos nossa atenção para o momento seguinte. Com base no questionário 1, poder-se-á averiguar o índice de familiaridade e conhecimentos prévios que os discentes possuem com a temática de reciclagem e impactos ambientais de detritos de Alumínio. Através das respostas obtidas é substancial que uma etapa complementar, não prevista sob nossas conjecturas, seja proposta para que os discentes tenham contatos com as problemáticas ambientais envolvendo os aspectos intrínsecos da interação entre meio ambiente e o metal em questão, além de reforçar a sensibilização ambiental nos alunos, promovendo mudanças comportamentais e atitudinais para ação crítica no meio socioambiental ao qual está inserido.

Desta forma, é legítimo que tal abordagem deva partir dos aspectos históricos que promoveram este elemento ao patamar alcançado atualmente, sua vitalidade para bem estar social. Usando-se dessa técnica, acredita-se que há a humanização da visão científica, mostrando-a como fruto de um processo e não um produto acabado, além de promover uma compreensão mais estruturada da construção do conhecimento científico ao longo do tempo e sua dinamicidade (Callegario *et al.*, 2015; Lobato, 2021).

No experimento 1, visou-se mimetizar uma reação de simples troca com o metal em discussão, pela adição de limalias de Alumínio em solução aquosa de HCl. Como produto, evidenciou-se efervescência – podendo ser evidenciada na figura 5 registrada no *loco* experimental - devido a formação de gás hidrogênio, formado pela deslocalização do metal, produzindo o cloreto de alumínio (AlCl<sub>3</sub>), conforme a representação da reação química a seguir.

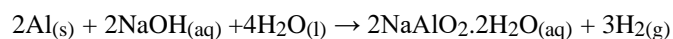


**Figura 5** - Reação entre HCl e Alumínio metálico, havendo produção de gás hidrogênio.

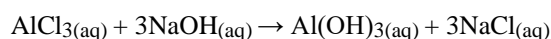


Fonte: Autores (2021).

Outra característica físico-química da reação em questão é a evidenciação de aumento de temperatura concluindo que tal interação é uma reação exotérmica, ou seja, fornece calor para o ambiente (Costa *et al.*, 2006). Estes autores ressaltam também a peculiaridade desse metal ser anfótero, pois reage com uma base forte. Um exemplo a ser citado é adicionar tal metal em uma solução de hidróxido de sódio (NaOH), na qual produz o gás hidrogênio juntamente com o aluminato de sódio dihidratado ( $\text{AlNaO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), conforme a demonstração da reação química, a saber:



Prosseguindo com a sequência experimental, a experiência 2 visou abordar a reação de dupla troca, no qual o alumínio disponível é produto de uma substância composta e forma um produto desta natureza também. Assim, utilizou-se o cloreto de alumínio aquoso e uma solução aquosa de hidróxido de sódio. A reação química e registro visual, e apresentada a seguir, respectivamente:



**Figura 6** - Reação entre cloreto de alumínio e hidróxido de sódio, formando hidróxido de Alumínio.



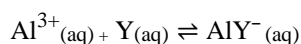
Fonte: Autores (2021).

Com base na imagem acima, pode-se perceber a solução com aspecto esbranquiçado, devido a formação da base metálica, pois o produto de solubilidade desta substância está na ordem de  $1 \times 10^{-23}$ , mesmo sabendo-se que este é aplicado apenas para sais pouco solúveis em água, devido a complicação entre interações íon-íons em eletrólitos concentrados, podemos

ter a ideia da sua precipitação imediata, devido a propriedade, além de sabermos que todos os hidróxidos metálicos, com exceção do grupo 1, possuem baixa solubilidade em água (Atkins & Jones, 2012).

Os autores acima ainda classificam que, a fase cristalina desta substância é dividida em tri-hidróxido de alumínio ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) e óxidos-hidróxidos de alumínio ( $\text{AlO}(\text{OH})$ ). Na fase de tri- hidróxido de alumínio são encontradas principalmente a bayerita ( $\alpha\text{-Al}(\text{OH})_3$ ), a gibbsita ( $\gamma\text{-Al}(\text{OH})_3$ ), e nordstrandita. Já nos óxidos-hidróxidos de alumínio são encontradas a fase boehmita ( $\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$ ), pela pseudo-boehmita, que trata-se da sua forma com baixa cristalinidade, e pela fase denominada diásporo ( $\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$ ). Por isso, ressaltamos que as proposições experimentais realizadas nesta pesquisa estão abrangendo um processo ilustrativo de características e propriedades do alumínio, e conceitos reacionais da interação deste com reagentes externos.

Após a etapa acima, como proposta final de experimentações, fez-se a reação de complexação utilizando uma fonte provedora de íons alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), nesse caso o hidróxido de alumínio aquoso, e um complexante, o EDTA. Conforme já fora mencionado no decorrer intermediário deste texto o EDTA é o reagente mais utilizado em reações complexiométricas devido sua facilidade proporcional de 1:1 e de reagir com quase todos os íons metálicos. Assim, a reação química descreve o supracitado, no qual o EDTA assume a nomenclatura de iônica de “Y” conforme recomenda Harris (2012).



Desta forma, a proposição desta sequência experimental pode alcançar a sensibilização ambiental nos estudantes, visto que, a abordagem de tal temática pode ser o primeiro contato dos alunos com uma metodologia desta natureza. Fazemos tal arguição devido o grupo já ter publicado um trabalho, só que usando pilhas e baterias, numa vertente de educação ambiental onde se evidenciou uma mudança de conceitos, dos discentes, após a prática desenvolvida (Teixeira *et al.*, 2021). Ao discutir eixos temáticos envolvidos no quesito ambiental e sociedade espera-se uma mudança de atitudes e ideias nos membros envolvidos, pois a educação ambiental pode ser compreendida como uma série de atitudes em conjunto, no qual cada membro pode assumir o papel de ensino/aprendizagem a ser desenvolvido, desde que cada agente esteja ativamente presente na diagnose dos problemas evidenciados e, principalmente, no levantamento e efetivação das resoluções (Roos & Becker, 2012).

Neste contexto, podemos inferir que além da inserção de educação ambiental no contexto escolar há também o aprimoramento conceitual de reações químicas, pois além de uma abordagem conteudista ocorre a proposição experimental instigando os alunos a manipular fenômenos reacionais presentes no assunto em questão, obtendo-se a ação conceitual e manipulativa, proposição muito debatida por Carvalho (2013) ao relatar que, há essa ascensão do ver para o fazer, assim o aluno consegue ter um melhor aproveitamento da pauta em sala de aula, tornando o processo de ensino e aprendizagem mais dinâmico, concreto e eficaz.

#### 4. Considerações Finais

O metal alumínio é considerado, em muitas nações economicamente desenvolvidas ou em desenvolvimento exponencial, como um marcador diretamente importante para geração de empregos e estabilidade econômica, além de proporcionar um giro de capital expoente nas arrecadações financeiras locais. Isto tudo é devido as características químicas deste metal que propiciam a formação de produtos secundários únicos, e seu tratamento industrial condiz em normativas de preservação ambiental, pois a taxa de emissão de compostos de carbono é baixa e as áreas de exploração podem ser reflorestadas com baixas obstruções.

Assim, devido ao Brasil ocupar a terceira posição no ranking mundial de produção de alumina e conter vastidões de

minas de exploração de bauxita na área amazônica, considerou-se válida uma investigação teórica sobre o tema alumínio e propor 3 tipos de reações envolvendo o metal, com o intuito de demonstrar, qualitativamente, suas características químicas e correlacionar com as temáticas precursora desse trabalho. Assim, esta pesquisa evidenciou, eficientemente, o poder do alumínio em reações de simples troca, dupla troca e complexação, além de abordar inúmeras outras propriedades deste metal. Alguns percalços foram encontrados e contornados no quesito laboratorial, porém, considera-se que o objetivo central proposto neste trabalho fora alcançado, fornecendo contribuições conceituais aquém se propor a ler e conhecer mais sobre a temática em questão, tão importante para a economia local.

Em uma perspectiva trazida ao ensino de química, esse eixo temático é favorável para o processo de ensino-aprendizagem, devido ofertar uma gama de conceitos específicos de química, como reações químicas e propriedades físico-químicas do elemento químico alumínio, além de proporcionar uma aula dinâmica com aspectos metodológicos palpáveis, pois há a demonstração macroscópicas dos fenômenos demonstradas conceitualmente, além da proposta de sensibilização ambiental que, se forem abordadas e exploradas de forma exequível, o processo de aprendizagem do educando será efetivado.

## Referências

- ABAL, Associação Brasileira do Alumínio (2007). Guia Técnico do Alumínio: geração e tratamento de escória. Associação Brasileira do Alumínio.
- ABAL, Associação Brasileira do Alumínio (2017). Alumínio brasileiro: soluções para uma vida sustentável. Associação Brasileira do Alumínio. <https://online.fliphtml5.com/qxggt/rrzz/>.
- Aguirre, M (2015). Recuperação de metais a partir da lama vermelha. Tese de Doutorado em Engenharia Química. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar.
- Alcoa, Corporation (2016). Alcoa aumenta venda de bauxita para terceiros. <https://catalogodemineracao.com.br/artigo/alcoa-aumenta-venda-de-bauxita-para-terceiros.html>.
- Atkins, P., & Jones, L (2012). Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. (5a ed.), Bookman.
- Baccan, N. *et al.* (1979). Química Analítica Quantitativa Elementar. Edgard Blücher.
- Brown, T. L. *et al.* (2016) Química: A ciência central. (13a ed.), Pearson Education do Brasil.
- Calderoni, S. (2003). Os bilhões perdidos no lixo. Humanitas Editora.
- Callegario, L. J. *et al.* (2015). A História da Ciência no Ensino de Química: Uma Revisão. Revista Virtual de Química, 7(3), 977-991.
- Carvalho, A. M. P. (2013). O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In Carvalho, A. M. P. (org.). Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula (pp. 1-20). Cengage Learning.
- Chang, R & Goldsby, K. A (2013). Química. (11a ed.), Bookman.
- Corazza, S. M. (2003). Tema gerador: concepções e práticas. (3a ed.), Editora Unijuí.
- CNI, Confederação Nacional da Indústria. Associação Brasileira do Alumínio (2012). A sustentabilidade da indústria brasileira do alumínio. Brasília: Confederação Nacional da Indústria. <https://silo.tips/download/a-sustentabilidade-da-industria-brasileira-do-aluminio>
- Costa, L. G., & Pires, H. (2007). A contribuição da reciclagem do alumínio para o alcance do desenvolvimento sustentável. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT, AEDB.
- Costa, TS *et al.* (2006). Experimentos com Alumínio. Química Nova na Escola, 26, 38-40.
- Costa, M. M., Azevedo, R. O. M., & Del Pino, J. C. (2016). Temas Geradores no ensino de química na educação de jovens e adultos. Areté: Revista de Ensino Amazônica de Ensino de Ciências, 9(19), 147-161.
- Freire, P. (2014). Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. (49a ed.), Paz e Terra.
- Genovese, L. G. R., Queirós, W. P. & Genovese, C. L. C. R. (2020). O ensino dos processos e usos do Alumínio na perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica. Educación Química, 31(1), 62-83.
- Gerhardt, T. E., & Silveira, D. T. (2009). Métodos de Pesquisa. Editora da UFRGS.
- Harris, D. C. (2012). Análise Química Quantitativa. (8a ed.), LTC.
- Hydro (2019). Albras lança nova liga de alumínio primário na Feira da Indústria do Pará. <https://www.hydro.com/pt-BR/imprensa/noticias/2019/albras-lanca-nova-liga-de-aluminio-primario-na-feira-da-industria-do-para/>.



Holly, C (2013). *Scholarly Inquiry and the DNP Capstone*. Springer Publishing Company.

Lacerda, AS & Moura, D (2016). A responsabilidade socioambiental como estratégia de competitividade para as organizações da contemporaneidade. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Rio de Janeiro: UFF.

Lima, M. M, Ibraim, S. S, Santos, M. (2021). Análise de aspectos de natureza da ciência expressos por uma professora em formação inicial no contexto de uma disciplina de história da química. *Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.*, 23.

Lima, T. C. S., & Miotto, R. C. T. (2007). Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. *Rev. Katál.*, 10(1), 37-45.

Miranda, A. C. G., Pazinato, M. S., & Braibante, M. E. F. (2017). Temas geradores através de uma abordagem temática freireana: contribuições para o ensino de ciências, revista de educação, ciências e matemática, 7(3), 73-92.

Moura, C. B. (2021). Para que história da ciência no ensino? Algumas direções a partir de uma perspectiva sociopolítica. *RBECM*, Passo Fundo, 4(edição especial), 1155-1178.

Oliveira, V. P, Martins, O. A., & Silva, R. I. V. (2012). Redução da espessura da chapa de alumínio pela utilização de hidróxido de sódio: uma revisão. *Revista Eletrônica de Educação e Ciência*, 2(3), 19-26.

Pensamento Verde (2015). Conheça o processo de reciclagem do alumínio. <https://www.pensamentoverde.com.br/reciclagem/conheca-o-processo-de-reciclagem-aluminio/>.

Pereira, M. M, Souza, P. V. S, Lourenço, A. B. (2021). Mapas Conceituais e a Elaboração de Conhecimento Científico na História da Ciência: algumas aproximações teóricas. *Ciênc. educ. (Bauri)*, 27.

Praça, F. S. G. (2015). Metodologia da pesquisa científica: organização estrutural e os desafios para redigir o trabalho de conclusão. *Revista Eletrônica Diálogos Acadêmicos*, 8(1), 72-87.

Quadro, A. L. (2004). A água como tema gerador do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*, 20, 26-31.

Revista Alumínio (2019). Campeão de reciclagem: Brasil é o país que mais recicla latas de alumínio. *Revista Alumínio*. <https://revistaaluminio.com.br/campeao-de-reciclagem/>.

Rezende, L. A. (2008). História das Ciências no Ensino de Ciências: contribuições dos recursos audiovisuais. *Ciência em tela*, 1(2), 1-7.

Roos, A., & Becker, E. L. S. (2012). Educação ambiental e sustentabilidade. *REGET/UFMS*, 5(5), 857-866.

Santos, A. O. *et al.* (2013). Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). *Scientia Plena*, 9(7), 077204-1.

Silva, D. C. C. (2010). Estudo sobre a vulnerabilidade sócio-ambiental no município de alumínio. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP.

Teixeira, A. M. *et al.* (2021). Assinalando a educação ambiental a partir de uma aula problematizadora sobre o uso e descarte de pilhas e baterias. *Research, Society and Development*, 10(9), e53510918126.

Toquetto, A. R. O. (2019). Tema “Alumínio” nas Coleções do PNLD 2018: Uma Análise de Acordo com a Educação CTS. *Quím. Nova Esc.*, 41(3), 233-241.