

SEÇÃO: ARTIGOS

Ácido e base de Brönsted-Lowry e de Lewis: uma problematização de química para o ensino superior

Ácido y base de Brönsted-Lowry y de Lewis: una problematización de química para la educación superior

Brönsted-Lowry and Lewis acid and base: a chemistry problematization for higher education

Larissa de Lima Faustino,¹ Elisa Aguayo da Rosa,²
Franciely Ignachewski³

RESUMO

A problematização no processo de ensino e aprendizagem valoriza a construção do conhecimento científico por meio da investigação, da reflexão e da participação ativa dos alunos em torno de uma situação relevante do cotidiano, mediada pelo professor. O objetivo desse trabalho foi desenvolver um problema que revelasse as compreensões dos alunos sobre as teorias ácido-base, em uma disciplina de Química Geral, no ensino superior. Por meio de questionários, implementação de um estudo de caso e observação, e sob a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, os resultados apontaram que a maioria dos alunos avançou nas descrições das teorias ácido-base, mas apresentou conhecimentos frágeis em relação às movimentações eletrônicas entre as espécies ácido-base. Portanto, há necessidade de que os docentes fiquem atentos ao ensinamento das simbologias químicas e

¹ Secretaria Municipal de Educação de Guarapuava, Guarapuava, PR, Brasil.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9966-6977>. E-mail: larissal Faustino@gmail.com

² Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Guarapuava, PR, Brasil.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8301-9940>. E-mail: elisadarosa@unicentro.br

³ Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Guarapuava, PR, Brasil.

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-3037-410X>. E-mail: franciely@unicentro.br

às representações ilustradas e interpretadas pelos alunos, a fim de motivar a reorganização das ideias e promover novos significados do conhecimento químico.

Palavras-chave: problematização; aprendizagem significativa; ácido-base.

RESUMEN

La problematización en el proceso de enseñanza y aprendizaje valora la construcción del conocimiento científico a través de la investigación, la reflexión y la participación activa de los estudiantes, en torno a una situación relevante de la vida cotidiana, mediada por el profesor. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un problema que revelara las comprensiones de los estudiantes sobre las teorías ácido-base, en una asignatura de Química General, en la educación superior. A través de cuestionarios, implementación de un estudio de caso y observación, bajo la dirección del Teoría del Aprendizaje Significativo de David Ausubel, los resultados indicaron que la mayoría de los académicos avanzaron en las descripciones de las teorías ácido-base, pero mostraron un conocimiento frágil en cuanto a las interacciones electrónicas entre las especies ácido-base. Por lo tanto, es necesario que los docentes estén atentos a los símbolos químicos y a las representaciones ilustradas e interpretadas por los alumnos, con el fin de fomentar la reorganización de ideas y promover nuevos significados del conocimiento químico.

Palabras clave: problematización; aprendizaje significativo; ácido-base.

ABSTRACT

The problematization in the teaching and learning process values the construction of scientific knowledge through investigation, reflection, and the active participation of students in relevant everyday situations mediated by the teacher. This study aimed to develop a problem that would reveal students' understandings regarding acid-base theories in a General Chemistry course in higher education. Through questionnaires, the implementation of a case study, and observation, guided by the David Ausubel's Theory of Meaningful Learning, the results indicated that most students advanced in their descriptions acid-base theories but exhibited weak knowledge regarding electronic movements between acid-base species. Therefore, there is a need for teachers to pay attention to teaching chemical symbols and the representations illustrated and interpreted by the students, in order to motivate the reorganization of ideas and promote new meanings of chemical knowledge.

Keywords: problematization; meaningful learning; acid-base.

INTRODUÇÃO

Na intenção de desenvolver novas situações de ensino e de aprendizagem para aulas de química e motivar a proatividade e o interesse dos alunos pelo conhecimento, a metodologia da problematização surge como perspectiva pertinente, já que está fundamentada em um ambiente de ensino centrado no aluno e na proposição de problemas que, geralmente, são reais ou extraídos de contextos relevantes (Berbel, 1998, 2012; Freitas, 2012).

Segundo Berbel (1998) a metodologia da problematização é aquela em que a realidade é problematizada, ou seja, os problemas são identificados nos assuntos que estão sendo estudados e tratados de forma reflexiva e crítica pelos alunos e professores. A autora tem como referência para a problematização o Arco de Magueres, que, em síntese, é um processo de ações que se inicia com a observação da realidade e definição do problema e segue com a determinação de pontos-chave a serem investigados. A partir daí a teorização é uma etapa importante, a fim de construir respostas junto aos dados obtidos e, após, estabelecer uma hipótese de solução ao problema, a finalização se dá com a prática e a aplicação dos novos conhecimentos para transformar tal realidade. Nessa perspectiva, Berbel (2012) propõe que o sentido pedagógico dessa metodologia está intencionado muito mais para a formação do que para a informação, pois o aluno se posiciona como protagonista do seu aprendizado e desenvolvimento, enquanto o professor orienta e deixa de ser fonte central do conhecimento ou das decisões.

O entendimento de que os problemas são importantes para estimular a construção do conhecimento é compartilhado por vários teóricos da aprendizagem. Bruner, por exemplo, critica as metodologias expositivas unidirecionais e defende que o desenvolvimento pessoal se configura melhor quando o aluno é envolvido em um processo de descoberta, com colaboração do professor. Para ele, o confronto dos indivíduos com problemas irá provocar incerteza e curiosidade, de modo a encorajar a exploração de alternativas que conduzam à sua solução (Bruner, 2008 *apud* Borba; Goi, 2021). Antes, no início do século XX, John Dewey também influenciou o ensino e a aprendizagem ao valorizar a investigação e argumentar que é a partir das experiências que os problemas emergem, isso possibilitou reflexões sobre os problemas sociais. Sinalizou, ainda, que os educadores devem incentivar os alunos a desenvolverem o raciocínio, serem pensadores ativos e reorganizarem suas experiências de vida para novas aprendizagens (Zômpero; Laburú, 2011; Goi, 2020).

Em termos de definição, para Mori e Cunha (2020, p. 176) problematização é “todo processo de discussão que é gerado quando um problema é proposto em atividade pedagógica e que leve o estudante à construção do conhecimento por meio da reflexão, do diálogo e da participação ativa”. E nessa conjuntura, as abordagens de ensino e aprendizagem problematizadoras têm como suporte um problema que deverá ser resolvido. Apesar da

natureza polissêmica (Silva *et al.*, 2022), o problema pode ser entendido como uma situação que requer explicação e que a resolução não é imediata. No enunciado de um problema, portanto, deve conter um desafio ou obstáculo que precisa ser superado e que vai fomentar competências cognitivas e afetivas que auxiliam na tomada de decisão (Mori; Cunha, 2020; Silva *et al.*, 2022; Sales; Batinga, 2022; Lima; Silva, 2016; Lopes *et al.*, 2019).

Aprender por meio de problemas também demanda potencial motivador, que está associado ao contexto de interesse dos alunos (Silva *et al.*, 2022). Esse aspecto é evidente na Teoria de Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, ao enfatizar que a intencionalidade do aluno em querer aprender, ou sua predisposição, e seus conhecimentos preexistentes, são condições necessárias para ocorrência de uma aprendizagem significativa. O conceito central dessa teoria é que esse tipo de aprendizagem se dá pela interação entre os conhecimentos prévios e os novos, na estrutura cognitiva dos indivíduos, de modo não-literal e não-arbitrário. Não-literal pode ser entendido como um conhecimento “não ao pé-da-letra” e não-arbitrário significa que a interação não se dá com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento considerado relevante para o aluno (Moreira, 2011). Sendo assim, enfatiza-se que só os conhecimentos preexistentes relevantes, chamados subsunçores, permite também dar significado ao novo conhecimento apresentado ou descoberto, e é por isso que, para Ausubel, “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe”. Além disso, Moreira e Massoni (2015, p. 164), com base em Ausubel, reflete que, ao procurarmos evidências de aprendizagem significativa, a melhor maneira de evitar possíveis simulações é “formular questões e problemas de uma maneira nova e não familiar, que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido”. Em outras palavras, é preciso evitar problemas típicos que resultem em respostas mecanicamente memorizadas.

Nesse cenário, há trabalhos que correlacionam a metodologia da problematização com a aprendizagem significativa, pela importância de propor problemas que sejam relevantes para os alunos e que auxiliem os professores a identificarem os conhecimentos prévios e as evidências de aprendizagem significativa. Kimura e Amaral (2020) reiteram o fator motivacional presente nessa correlação.

Uma das principais características dessa metodologia é o fator motivacional, pois os alunos são incitados a buscarem soluções para um problema detectado. Este fator motivacional pode contribuir para despertar a predisposição para aprender, que de acordo com a teoria da aprendizagem significativa é uma condição necessária para que ocorra aprendizagem significativa (Kimura; Amaral, 2020, p. 128).

A exemplo disso, especificamente na área de química, Castro, Siraque e Tonin (2017) identificaram a reorganização dos conceitos de cinética, em alunos do Ensino Médio, quando foram engajados em uma oficina problematizadora. Houve momentos de levantamento de

conhecimentos e de desenvolvimento de problemas, articulados com procedimentos experimentais e com o cotidiano dos alunos. Os autores destacaram também, fundamentados em Honorato e Mion (2009), que a aula problematizada motiva os alunos a compararem o conhecimento científico com situações do cotidiano. Já no trabalho de Kimura e Amaral (2020), alunos de graduação em Química, na disciplina Laboratório de Química Inorgânica, percorreram as etapas da metodologia da problematização, via Arco de Magueres, sobre o conteúdo de separação de misturas. De acordo com os resultados obtidos, os alunos apontaram que houve busca pelo conhecimento por meio desse método e, para alguns deles, que os conhecimentos adquiridos fizeram sentido. Os autores ressaltaram que as discussões, as interações e as descobertas realizadas entre os alunos potencializaram o interesse e a motivação pelas aulas. Ainda notaram que os alunos passaram a citar técnicas de separação antes desconhecidas e que, apesar da aprendizagem parcial do conteúdo, houve indícios de retenção do conhecimento e de aprendizagem significativa.

Neste trabalho, uma atividade problematizadora foi desenvolvida na disciplina de Química Geral, com alunos do Ensino Superior, para explorar as teorias ácido-base de Brönsted-Lowry e Lewis. Essa disciplina é, geralmente, o primeiro contato dos alunos com esses conteúdos após o Ensino Médio, sendo desejável uma compreensão adequada desses conceitos para fundamentar futuras aprendizagens (Pastoriza *et al.*, 2007). No entanto, há relatos de que, mesmo após muitos anos de escolaridade, os alunos continuam restritos à teoria de Arrhenius. Figueira e Rocha (2011), citando outros autores, relatam que nos cursos de graduação em Química, as teorias ácido-base de Brönsted-Lowry e Lewis são redefinidas com a utilização de termos como doadores e receptores, o que confunde os alunos devido ao distanciamento das primeiras ideias aprendidas no Ensino Médio, como a dissociação eletrolítica utilizada por Arrhenius. Esse fenômeno é explicado por Hawkes (1992 *apud* Kind, 2004, p. 47): "É intrínseco da natureza humana aceitar as primeiras coisas que nos dizem, sendo difícil renunciar ou mudar essas ideias".

Nesse sentido, pareceu promissor desenvolver uma atividade que incentivasse a reflexão sobre ácido-base para além da Teoria de Arrhenius. Assim, o objetivo desse trabalho foi criar e aplicar um problema no formato de estudo de caso, com uma temática atraente, que aproximasse os acadêmicos das teorias ácido-base de Brönsted-Lowry e Lewis, a fim de identificar compreensões nesse conteúdo. Um curso de licenciatura em Química foi escolhido para essa investigação, devido ao interesse em contribuir para os estudos centrados na formação inicial de professores e, também, em introduzir os alunos de graduação à problematização, ou seja, ao enfrentamento de um problema real ou próximo do real, e à ampliação do conhecimento químico e suas aplicações.

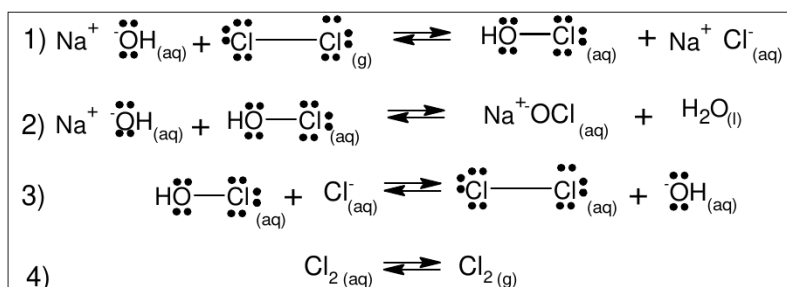
METODOLOGIA

Este trabalho apresenta resultados de uma pesquisa educacional, de natureza qualitativa, que conforme descrito por Goldenberg (2004), preocupa-se com o aprofundamento da compreensão de um grupo pesquisado e não com representatividade numérica. Além disso, pode ser considerada descritiva, que se configura como um estudo intermediário entre a pesquisa exploratória e a explicativa, ou seja, tem natureza de sondagem e busca maior familiaridade e informação sobre o tema, mas também busca observar e interpretar o fenômeno de estudo, a fim de identificar relações e/ou esclarecer sobre possíveis contribuições (Moresi, 2003; Raupp; Beuren, 2006).

O cenário da pesquisa ocorreu em 2023, no âmbito do Programa de Pós-graduação em Química Aplicada, modalidade mestrado, da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO-PR), de modo presencial e com alunos de graduação em Química Licenciatura, na disciplina de Química Geral. Sendo assim, a equipe de pesquisa ficou representada por uma aluna de pós-graduação, que conduziu todo estudo e processo pedagógico, os próprios alunos de graduação, que foram o grupo pesquisado, e a professora orientadora, que acompanhou o referido processo. O professor responsável pela disciplina de Química Geral cedeu o espaço de aula para a aplicação da pesquisa.

A busca por temáticas que pudessem ser articuladas com as teorias de Brønsted-Lowry e Lewis, foi o ponto de partida para o planejamento de trabalho, ou seja, para inspirar a criação do problema a ser implementado em sala de aula. Portanto, foram consultados artigos, dissertações e livros, de modo que o mecanismo de busca em periódicos se deu através da pesquisa direta na base de dados do Google Scholar, por meio de palavras-chave como “Ácido e Base” e “Ensino Superior”. Após a revisão bibliográfica, o problema foi elaborado seguindo, como base metodológica, as características dos estudos de caso de Sá e Queiroz (2010), que se apresentam no formato de uma narrativa e que incentivam a investigação de um problema, com diálogo entre personagens e prezando pela contextualização de um fenômeno. Assim, emergiu um caso que se passava em uma indústria de produção de água sanitária, em que um dos personagens passou mal. O desafio estava em refletir sobre a situação no contexto ácido-base.

João, um químico reconhecido na cidade de Guarapuava, tem uma pequena e bem-sucedida indústria de água sanitária. Ele foi convidado para dar uma palestra no curso de Química, da Universidade Estadual do Centro-Oeste — UNICENTRO, e caprichou na apresentação. Um dos slides era sobre as reações que ocorrem nessa solução e João mostrou para o filho e ajudante Felipe, que estava iniciando o curso técnico em Química em um colégio da cidade.



Fonte: Adaptado de Marques (2020)

Dias depois, Felipe estava lavando uns béqueres e, muito desatento, nem se lembrou de fechar os galões de água sanitária que estavam ao lado dele. Ao se sentir mal, foi para a varanda para respirar ar puro. João ao observar o filho na varanda já pergunta:

– Felipe, o que se passa?

– Estou com o nariz e os olhos ardendo muito.

Imediatamente João o leva para o pronto-socorro. Passado o susto e os questionamentos da inspetora da vigilância sanitária, João chama a atenção de Felipe, que já se sente bem:

João: – Felipe, mas e os EPIs (Equipamentos de Proteção Individual)? Você sabe que precisa usar! Veja no que deu, criatura!

Felipe: – Certo, pai. Bobeei.

João: – Vou pegar mais no seu pé de agora em diante.

Felipe: – O que será que me atacou? Foi um ácido?

João: – Sabe aquele slide que te mostrei dias atrás, Felipe? Então, estude lá. Você mesmo vai conseguir responder isso.

Agora você é o Felipe. Observe atentamente as mudanças entre os reagentes e os produtos das reações em questão e explique quais substâncias podem ser chamadas de ácido e base de acordo com alguma teoria. Aliás, qual substância presente na água sanitária irritou o sistema respiratório de Felipe?

A implementação desse problema em sala de aula foi iniciada logo após o professor responsável pela disciplina ministrar o conteúdo sobre ácido-base. Esse contato prévio com o tema foi essencial para ajudar os alunos, especialmente aqueles que não dispõem de subsunçores adequados, a resgatar conhecimentos já existentes em sua estrutura cognitiva e a promover a construção de conhecimentos novos, antes de avançar no processo de ensino-aprendizagem (Moreira, 2011). Nesse movimento, que se assemelhou às etapas associadas

ao arco de Maguerez (Berbel, 2012), os alunos foram familiarizados com o estudo de caso por meio da leitura, para que em seguida pudessem teorizar e perceber a necessidade de relacionar as diversas teorias ácido-base e, por fim, aplicassem os conhecimentos para resolver o caso. A aluna de pós-graduação, atuando como mediadora, questionou e motivou os participantes a dialogarem, incentivando-os a buscar informações em livros, sites educacionais e/ou artigos da internet, caso necessário. Esclarece-se, ainda, que os alunos resolveram individualmente o estudo de caso.

Por meio de questionário impresso, os alunos foram convidados a registrar seus conhecimentos, antes mesmo de entrarem em contato com o conteúdo ácido-base e com o caso. As questões desse diagnóstico inicial eram abertas:

Q1. O que você lembra sobre as teorias de ácidos-bases?

Q2. Dê exemplos e represente/desenhe (por meio de estruturas químicas, fórmulas, reações) as teorias de ácidos-bases de Brønsted-Lowry e de Lewis.

O objetivo da primeira questão (Q1) foi analisar o que de imediato emergiria nas respostas dos alunos sobre o assunto ácidos e bases. A segunda questão (Q2) teve um caráter mais específico, pois visava diagnosticar se os alunos tinham alguma visão protônica ou eletrônica de ácido-base além da Teoria de Arrhenius, caso essas visões não fossem mencionadas na primeira questão. O pedido de representação ou desenho foi intencional, tanto para oportunizar novas formas de explicação quanto para verificar quais símbolos os acadêmicos utilizariam e se estariam condizentes com as teorias ácido-base solicitadas. O principal interesse era observar a movimentação eletrônica entre espécies ácido-base, comumente apresentada na literatura por uma seta curva que aponta para a espécie receptora de elétrons. De modo similar, um questionário final foi aplicado após a atividade do caso, contendo as mesmas questões do primeiro questionário, além de uma terceira questão (Q3), que não será abordada neste texto, pelo fato de as duas primeiras questões serem consideradas suficientes para fazer as reflexões almejadas.

Os dados de pesquisa foram interpretados considerando as respostas registradas pelos alunos, com base em análise documental (Lüdke; André, 1986) e sob a luz dos teóricos da área, especialmente a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Além disso, foi observado o comportamento dos acadêmicos em resposta à metodologia aplicada.

Esclarece-se que esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual do Centro-Oeste (COMEP-UNICENTRO), de acordo com o número do parecer 5.381.071 e CAAE: 56397522.4.0000.0106, na data de 02 de maio de 2022. O objetivo da

pesquisa e do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), foram apresentados aos alunos, que concordaram em ser voluntários e, também, assinar o TCLE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de apresentar os resultados, é importante esclarecer que o número de alunos que responderam aos questionários e os que participaram da resolução do caso diferem, devido à ausência de alguns deles em momentos específicos da coleta de dados. As respostas dos alunos foram transcritas sem interferências gramaticais ou estão dispostas em imagens.

No questionário diagnóstico, a questão Q1, "O que você lembra sobre as teorias de ácidos-bases?", tinha como objetivo conhecer as ideias iniciais dos nove alunos sobre o assunto. De modo geral, verificou-se que os conhecimentos prévios dos acadêmicos estão mais associados à Teoria de Arrhenius, enquanto a Teoria de Brønsted-Lowry foi lembrada por apenas um aluno e a transferência de elétrons de Lewis não foi mencionada. Alguns exemplos incluem:

"Ácidos são compostos que em solução aquosa sofrem ionização liberando cátions H^+ . Bases são compostos que em solução aquosa sofrem dissociação liberando o ânion OH^- . Podemos dizer também que o ácido tende a doar o seu próton enquanto a base tende a receber [...]" (Aluno A2, 2023).

"Essas substâncias podem ser definidas como ácido ou base através do pH" (Aluno A9, 2023).

"Ácido [...] possui algumas características físicas como o sabor azedo [...]" (Aluno A6, 2023).

A maioria dos alunos definiu ácidos e bases pela liberação de OH^- e H^+ , conforme já reportado na literatura (Figueira; Rocha, 2011; Silva *et al.*, 2014). Essa associação é bastante arraigada entre os alunos, provavelmente por ser considerada mais simples, mais fácil ou por ser a primeira teoria a eles apresentada (Hawkes, 1992, *apud* Kind, 2016). Contudo, é importante comentar que o uso do termo "liberação" na teoria de Arrhenius já foi contestado. Silva *et al.* (2014, p. 262) argumentam que essa definição é equivocada, pois "se a espécie em questão libera (ou doa) um determinado íon, só pode fazê-lo porque o íon em questão faz parte da sua composição". Os autores destacam que essa condição não está explicitamente declarada na teoria de Arrhenius. Eles enfatizam que toda espécie que, ao reagir com água, aumenta a concentração de H^+ é um ácido de Arrhenius e uma base é a que aumenta a concentração de OH^- . Assim, sais e óxidos também podem ser considerados ácidos ou bases de Arrhenius, pois carregam essas características.

Vale ressaltar que o fato de alguns acadêmicos mencionarem o meio aquoso é interessante, pois indica que entendem a importância dessa condição para a teoria de Arrhenius, que é, de

fato, uma limitação dessa teoria. A referência à ionização e à dissociação também apareceu na resposta do acadêmico A2. Arrhenius propôs sua teoria baseada em pesquisas realizadas com Ostwald sobre dissociação eletrolítica (Souza; Aricó, 2017). Dessa forma, o vínculo do ácido-base com a ionização-dissociação pode estar associado à lembrança de substâncias que são eletrólitos fortes, ou seja, que existem em solução aquosa como íons (Brown *et al.*, 2005). Além disso, alguns livros escolares, conhecidos pelos acadêmicos, definem que a dissociação é o processo de separação dos íons em água característico de substâncias iônicas, como sais ou bases, enquanto moléculas covalentes são quebradas em água no processo conhecido por ionização (Peruzzo; Canto, 2006). O acadêmico A2 complementou sua resposta ao descrever a doação e recebimento de prótons, evidenciando entendimento de outras visões ácido-base, como a de Brønsted-Lowry. Em resumo, os resultados mostram que os alunos ainda estão fortemente ligados à teoria de Arrhenius, com pouca menção às teorias de Brønsted-Lowry e Lewis. Isso reforça a necessidade de estratégias de ensino que incentivem a compreensão de múltiplas teorias ácido-base, promovendo uma aprendizagem mais significativa e abrangente.

Ainda houve a associação de ácido e base à medida de acidez de uma solução, o pH (Aluno A9). A hipótese é que esse aluno teve experiência prática com a medição do pH de soluções, utilizando a escala de pH e/ou de indicadores que são visualmente atraentes e, portanto, fáceis de lembrar. Figueira e Rocha (2011) já identificaram em seus estudos que a caracterização de ácidos como aqueles com pH baixo ou $\text{pH} < 7$ é bastante comum entre os alunos. Por sua vez, o comentário sobre o sabor azedo dos ácidos (Aluno A6) pode estar relacionado aos livros didáticos escolares que enfatizam essa característica e que muitos professores reforçam em suas explicações: "substâncias ácidas apresentam sabor azedo e as básicas são adstringentes" (Peruzzo; Canto, 2006, p. 206).

Na sequência, para a questão Q2, foi solicitada a representação das Teorias de Brønsted-Lowry e de Lewis, com o intuito de provocar quaisquer lembranças desses modelos e de oportunizar novas formas de expressão, como por meio de desenhos. No entanto, houve pouca contribuição, exemplificada pela representação das substâncias HCl e NaOH, mas sem qualquer menção ou atribuição às teorias ácido-base.

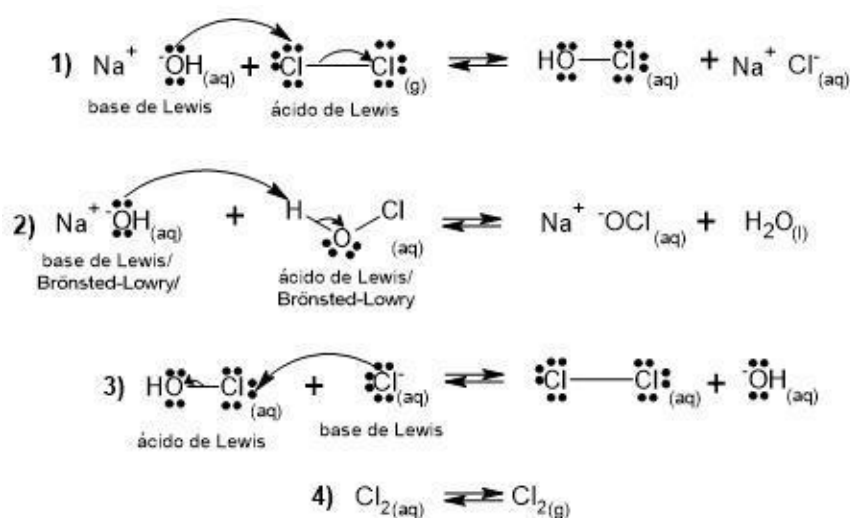
Em síntese, considerando ambas as questões, os registros sugerem que a maioria dos alunos buscou alguma explicação de ácido-base no mundo microscópico em termos de presença de íons H^+ ou OH^- . No entanto, a maioria também não explicitou a compreensão de que há outros modelos ou teorias que apresentam visões diferentes para os ácidos e bases. As concepções iniciais, portanto, apresentaram-se modestas, porém passíveis de serem ampliadas e adquirirem novos significados, reiterando a necessidade de outro tipo de abordagem para esse conteúdo, tanto pelos docentes quanto nos livros didáticos (Souza; Silva, 2018).

Além do mais, os fatos enunciados podem estar atrelados à dificuldade que os alunos têm de transitar para o nível microscópico, ou seja, o nível das explicações, conforme já divulgado na literatura (Johnstone, 1991; Pauletti; Fenner; Rosa, 2013), também sugerem a presença de subsunçores ainda frágeis ou de menor estabilidade na estrutura cognitiva da maioria desses alunos. Considerando, ainda, que uma aprendizagem significativa só ficará caracterizada se houver estabelecimento de interação, ou seja, se o conhecimento prévio servir de ideia-âncora para um novo conhecimento, desponta a evidência de que os alunos precisam de reforço para essa correlação se efetivar (Moreira, 2011).

Implementação do problema

Oito alunos participaram da resolução do estudo de caso sobre o incidente na indústria de água sanitária. Em relação às teorias ácido-base e, especificamente, às três primeiras reações apresentadas, esperava-se que os acadêmicos demonstrassem um entendimento similar ao ilustrado na Figura 1.

Figura 1 — Reações presentes na água sanitária



Fonte: elaborada pelos autores, 2023.

Considerando as teorias ácido-base, era suficiente que os acadêmicos notassem a transferência de prótons na reação (2) de acordo com a Teoria de Brønsted-Lowry, bem como as transferências eletrônicas nas reações (1), (2) e (3) de acordo com o modelo de Lewis. Além disso, era possível refletir sobre a neutralização de Arrhenius especialmente na reação (2). Outras considerações poderiam surgir, porém, a análise concentrou-se nesses pontos. A quarta reação destacava a formação do cloro gasoso inalado pelo personagem, de modo que, ao final, além de analisar quais espécies eram ácidas ou bases nas reações, de acordo com

alguma teoria, os acadêmicos responderiam se, realmente, teria sido um ácido que afetou o personagem.

Em uma análise geral, observou-se que a Teoria de Arrhenius não foi mencionado nas respostas dos acadêmicos. Cinco alunos identificaram as transferências de elétrons entre os reagentes, nas reações (1), (2) e (3), considerando a Teoria de Lewis, bem como a transferência do próton H^+ de Brønsted-Lowry na reação (2). Em relação às explicações das teorias, a maioria dos acadêmicos definiu Lewis de maneira semelhante ao aluno A7, enquanto alguns se equivocaram em seus registros, como o aluno A5 na reação (2):

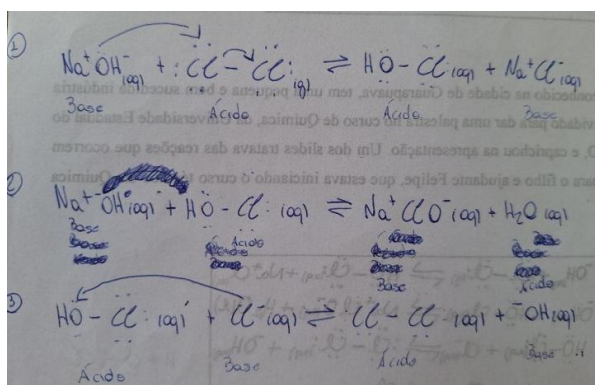
“Ácido recebe elétrons, base doa elétrons” (Aluno A7, 2023).

“Lewis. Bronsted-Lowry. Pois o O⁻ do OH doa seu oxigênio para formar a H₂O” (Aluno A5, 2023).

Esses resultados sugerem que, enquanto alguns acadêmicos conseguiram aplicar corretamente as teorias de Lewis e Brønsted-Lowry, outros, ainda, apresentaram dificuldades em compreender e explicar as reações de maneira adequada. A ausência de menções à Teoria de Arrhenius e erros nas explicações indicam a necessidade de reforçar o ensino das diferentes teorias ácido-base, promovendo mais comparações e uma compreensão ampla dos modelos teóricos entre os alunos.

As representações gráficas foram insatisfatórias e chamaram a atenção nos registros dos alunos. Apesar de algumas setas aparecerem, os discentes pareciam não entender o significado e a direção da certa curva e, também, não indicaram claramente as espécies envolvidas na movimentação eletrônica. O aluno A6, por exemplo, ao considerar a seta na reação 3 (Figura 2), iniciou a movimentação eletrônica pelo ânion cloreto em direção ao oxigênio da hidroxila da espécie vizinha, o que não está de acordo com a formação da ligação covalente da molécula de cloro, no produto formado.

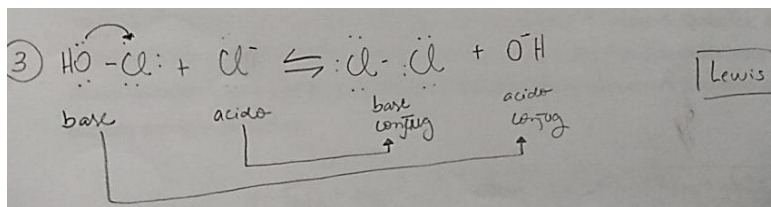
Figura 2 — Registro do acadêmico A6



Fonte: elaborada pelos autores, 2023.

Observou-se, também, que muitos acadêmicos usaram colchetes para identificar pares conjugados, típicos da Teoria de Brønsted-Lowry, na Teoria de Lewis, o que é incomum. Como exemplo, segue o registro do aluno A5, na Figura 3.

Figura 3 — Registro do acadêmico A5, para a reação 3



Fonte: elaborada pelos autores, 2023.

Os alunos identificaram que o gás cloro foi o responsável pela irritação do sistema respiratório do personagem Felipe, mas não forneceram explicações adicionais. Após um mês da implementação do caso, as questões Q1 e Q2 foram reaplicadas, idênticas ao questionário diagnóstico, para uma nova certificação das possíveis fragilidades associadas ao tema ácido-base. Notou-se que os acadêmicos passaram a distinguir as teorias, como no caso do acadêmico A5, que não se esqueceu de Arrhenius:

“Tem a teoria de Arrhenius, que em meio aquoso liberam íons H^+ sendo ácidos e íons OH^- sendo bases. A de Brønsted-Lowry é sobre pares ácidos-bases de acordo com a possibilidade de doar ou receber prótons. E a de Lewis está relacionada com disponibilidade de doar ou receber elétrons” (Aluna A5, 2023).

A maioria dos acadêmicos acrescentou a transferência de elétrons, de Lewis, em suas explicações, mas alguns, como o aluno A7, ainda se mostraram confusos:

“Que segundo Brønsted-Lowry toda base doa prótons para o ácido. Lewis: o ácido doa elétrons para a base” (Aluno A7, 2023).

Para a questão Q2, foi perceptível um aumento nas tentativas de representações das setas nas reações para indicar possíveis movimentações eletrônicas e protônicas referentes às teorias de Lewis e Brønsted-Lowry, respectivamente. Contudo, as setas não pareciam indicar com exatidão os elementos envolvidos nas transferências de elétrons e/ou prótons, mas sim um movimento aleatório do tipo “esse vem para cá”. Ter clareza sobre as setas é crucial no universo da química. Segundo Vollhardt e Schore (2009), as setas curvas retratam o fluxo do par de elétrons em direção aos sítios ou átomos deficientes de elétrons. Além disso, as setas ajudam a descrever as mudanças ocorrendo no sistema e nas estruturas químicas, podendo indicar dissociações, formações de ligações ou adições de pares eletrônicos em variadas reações, inclusive da Química Orgânica.

Em suma, notou-se que alguns acadêmicos avançaram ao se apropriar da linguagem e dos símbolos científicos que permeiam as teorias ácido-base. Para esses discentes, acredita-se que houve uma significação do conteúdo, pois fizeram conexões desses modelos aos movimentos elétrons e/ou de prótons, indo além dos fenômenos de dissociação. No entanto, algumas explicações das teorias ácido-base se mostraram equivocadas ou não estavam condizentes com suas representações simbólicas. Isso remete aos três níveis de representação do conhecimento químico, o macroscópico, o (sub)microscópico e o simbólico, destacando mais uma vez a dificuldade dos alunos em transitar entre esses níveis (Johnstone, 1991; Pauletti; Rosa; Catelli, 2014).

Adicionalmente, mesmo considerando a possibilidade de os alunos estarem apenas reproduzindo fielmente os termos dos livros e/ou das aulas ministradas, no sentido de apropriação das definições das teorias ácido-base, conclui-se que isso não é totalmente negativo. Com base em Ausubel, a aprendizagem pode inicialmente ser mecânica, ou seja, sem muito significado ou compreensão. No entanto, a partir daí, com o processo de “negociação dos significados” e domínio progressivo das situações-problemas e das conceitualizações, pode-se progredir para uma aprendizagem significativa. Esse processo não é imediato (Moreira, 2011).

Já em relação ao comportamento dos acadêmicos diante de uma questão mais problematizadora, observou-se que a maioria se mostrou receptiva, demonstrando curiosidade em pesquisar e discutir as informações ou dúvidas que surgiram. Alguns alunos reconheceram os benefícios da problematização, por exemplo, o aluno A7 que mencionou sobre ser possível compreender ácidos e bases de forma mais completa, enquanto o aluno A8 refletiu sobre a discussão ampla que o problema proporcionou, a possibilidade de trabalho em grupo e a aplicação das teorias. O aluno A8 percebeu a importância das teorias ácido-base para explicar um fenômeno real, como foi o incidente na indústria de água sanitária. No entanto, alguns alunos expuseram que não estavam habituados a esse tipo de abordagem que, de fato, exige uma resolução que não é imediata e que requer um processo de reflexão e análise mais profundo, conforme declarado por Sales e Batinga (2022).

Nesse sentido, a metodologia da problematização é percebida como vantajosa, por facilitar a compreensão e, por vezes, a interpretação dos alunos, ao conectá-las ao cotidiano (Romão *et al.*, 2021) e, também, por mostrar evidências de aprendizagem significativa (Kimura; Amaral, 2020). Andrade e Simões (2018), em um trabalho desenvolvido no ensino de química, reforçam que essa metodologia traz as vantagens de despertar a curiosidade nos alunos e de aproximá-los de um método de ensino diferente. Ainda destacam que a abordagem impulsiona o aluno a perceber os conteúdos e a estudar “para melhorar sua aprendizagem, superando as suas dificuldades e abrindo caminhos para a investigação e interação nas aulas

de química” (Andrade; Simões, 2018, p. 22). Especificamente sobre os estudos de caso nos cursos de educação superior de Química, Selbach e colaboradores (2021) diagnosticaram que esse tipo de metodologia é considerado relevante para os graduandos construírem conhecimentos e desenvolverem a argumentação, possibilitando uma vivência formativa dinâmica e investigativa.

Como a predisposição dos alunos é fundamental para a aprendizagem significativa (Ausubel, 2000), entende-se que a metodologia da problematização possui potencial para alcançar esse despertar, com mediação do professor. A mediação é importante para favorecer as interações e, também, para captar as demandas individuais dos alunos. Quando a individualidade dos alunos é respeitada e ações são promovidas para garantir o progresso acadêmico, eles podem encontrar significado no que estão aprendendo. Medeiros e Goi (2020, p. 132), também refletem a importância da mediação, ao perceberem “a necessidade constante da orientação do professor como forma de reconduzir os alunos a um caminho mais propício e satisfatório para minimizar dúvidas e encontrar soluções para os problemas apresentados”. Concluem, assim, que o papel do professor que aplica a problematização é o de incentivador, facilitando as trocas de ideias que propiciam a construção do conhecimento.

Considerando os benefícios da metodologia da problematização mencionados, é válido comentar que os alunos de licenciatura e, também, os professores em atuação no nível superior têm hoje o desafio e o compromisso de propiciar esse ambiente de investigação e de cooperação, em favor da aprendizagem discente. Logicamente, para poder avançar nessa direção e na adequada apropriação dos fundamentos e prática da metodologia da problematização, impõe-se a necessidade de formação contínua. Nesse quesito, Pedrosa, Oliveira e Martins (2024), por meio de relato de experiência com docentes em uma universidade federal, confirmam a necessidade de espaços de formação nas instituições de nível superior, para os professores trocarem experiências, refletirem e aprimorarem a prática docente, com o propósito de desenvolvimento profissional, inovação e melhoria do ensino. Orientam ainda que, para aperfeiçoar o ensino e a aprendizagem, é fundamental os professores ouvirem as demandas e propostas dos alunos, suas necessidades e dificuldades. Belo, Leite e Meotti (2019), por exemplo, identificaram que há alunos dos cursos de ciências exatas que atribuem o não gostar da disciplina de Química Geral por motivos de insatisfação com a didática e a metodologia usada pelo professor. Nesse contexto, a metodologia da problematização pode contribuir para contornar esse aspecto e impactar positivamente o ensino e a aprendizagem dessa área.

Em especial para o ensino das teorias ácido-base na disciplina de Química Geral, e com intuito de minimizar algumas das dificuldades expostas pelos alunos nesse trabalho, é relevante que os professores experimentem também alterar a sequência de ensino, conforme sugerido por

alguns autores. Iniciar as teorias ácido-base com Brönsted-Lowry pode ser mais eficaz, pois é mais simples compreender inicialmente a transferência de prótons (Souza; Silva, 2018; Hawkes, 1992 *apud* Souza; Silva, 2018). Além disso, abordar os conceitos ácido-base em conjunto com seus aspectos históricos pode contribuir significativamente para o desenvolvimento dessas ideias científicas (Nunes *et al.*, 2015; Silva; Amaral, 2020). Já com relação às dificuldades com as setas de movimentação eletrônica entre as espécies nas reações ácido-base, sugere-se aos professores que solicitem com mais frequência as representações das reações químicas aos alunos, considerando toda a simbologia associada àquela transformação. Monitorias ou oficinas ofertadas ao longo da formação inicial também podem ser uma opção complementar para auxiliar os alunos a atribuírem novos significados às simbologias da química.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foi possível evidenciar avanços nas compreensões dos alunos sobre as teorias ácido-base de Brönsted-Lowry e de Lewis, antes restritas à Arrhenius e, também, algumas dificuldades, como as representações das reações ácido-base. Diante disso, entende-se que os objetivos dessa pesquisa foram atingidos, ao passo que, na tentativa de minimizar essas dificuldades, reafirma-se a necessidade de os professores valorizarem metodologias centradas nos alunos e que motivem a troca de conhecimentos e a interpretação, como é o exemplo da metodologia da problematização.

O estudo de caso demonstrou ser um recurso didático potencial para ser aplicado na disciplina de Química Geral no Ensino Superior, para engajar os alunos na investigação e para o professor diagnosticar conhecimentos prévios, novas aprendizagens e/ou equívocos conceituais ao longo do processo de ensino. É uma oportunidade para os alunos desenvolverem habilidades de resolução de problemas e atribuírem significado ao conhecimento, por mobilizar reflexões em temáticas relevantes, próximas à realidade acadêmica e relacionadas a uma situação prática.

Uma consideração que também merece destaque é que produzir casos pode não ser trivial para alguns professores e, por isso, o caso desenvolvido nesse trabalho passa a ser oportuno de uso, de adaptação ou, ainda, de inspiração para novas práticas docentes, cursos de formação e pesquisas futuras na área da química e da educação.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Rafaela Alves; SIMÕES, Anderson Savio de Medeiros. Drogas: uma proposta de metodologia da problematização no ensino de química. *Revista Thema*, Pelotas, v. 15, n. 1,

2018. DOI: <https://doi.org/10.15536/thema.15.2018.5-24.573>. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/573>. Acesso em: 9 dez. 2024.

AUSUBEL, David Paul. *The acquisition and retention of knowledge*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BELO, Taciane Nascimento; LEITE, Luísa Beatriz Paixão; MEOTTI, Paula Regina Melo. As dificuldades de aprendizagem de química: um estudo feito com alunos da Universidade Federal do Amazonas. *Scientia Naturalis*, Rio Branco, v. 1, n. 3, p. 1-9, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/2540>. Acesso em: 9 dez. 2024.

BERBEL, Neusi Aparecida Navas. A problematização e a aprendizagem baseada em problemas: diferentes termos ou diferentes caminhos. *Interface - Comunicação, Saúde, Educação*, Botucatu, v. 2, n. 2, p. 138-154, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-32831998000100008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/icse/a/BBqnRMcdxXyvNSY3YfztH9J>. Acesso em: 9 dez. 2024.

BERBEL, Neusi Aparecida Navas. A metodologia da problematização em três versões no contexto da didática e da formação de professores. *Revista Diálogo Educacional*, Curitiba, v. 12, n. 35, p. 103-120, 2012. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?pid=S1981-416x2012000100006&script=sci_abstract. Acesso em: 9 dez. 2024.

BORBA, Fabiane Inês Menezes de Oliveira; GOI, Maria Elisangela Jappe. Jerome Bruner nos processos de aprender e ensinar Ciências. *Research, Society and Development*, Itajubá, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i1.9508>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/9508>. Acesso em: 9 dez. 2024.

BROWN, Theodore. L.; LEMAY, Eugene H.; BURSTEN, Bruce E. *Química a ciência central*. São Paulo: Person Prentice Hall, 2005.

BRUNER, Jerome S. *Sobre o conhecimento: ensaios de mãos esquerda*. São Paulo: Phorte, 2008.

CASTRO, Matheus Campos de Castro; SIRAQUE, Mateus; TONIN, Lilian Tatiani Dusman. Aprendizagem significativa no ensino de cinética através de uma oficina problematizadora, *ACTIO: Docência em Ciências*, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 151-167, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3895/actio.v2n3.6848>. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/6848>. Acesso em: 9 dez. 2024.

FREITAS, Raquel Aparecida Marra Madeira. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 403-418, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-97022011005000011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/sk8JPtqzGPdVN4jyTXyB7wd/>. Acesso em: 9 dez. 2024.

FIGUEIRA, Angela Carine Moura; ROCHA, João Batista Teixeira. Investigando as concepções dos estudantes do ensino fundamental ao superior sobre ácidos e bases. *Ciências & Ideias*,

Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 1-21, 2011. Disponível em:

<https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/reci/article/view/81>. Acesso em: 9 dez. 2024.

GOI, Mara Elisangela Jappe. Contribuições de John Dewey na formação de professores de ciências da natureza. *Revista Prática Docente*, Mato Grosso, v. 5, n. 1, p. 412-430, 2020. DOI: <https://doi.org/10.23926/RPD.2526-2149.2020.v5.n1.p412-430.id604> Disponível em: <https://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/rpd/article/view/497>. Acesso em: 9 dez. 2024.

GOLDENBERG, Mirian. *A arte de pesquisar*. Rio de Janeiro: Record, 2004.

HAWKES, Stephen J. Arrhenius confuses students. *Journal of Chemical Education*, Oregon, v. 69, n. 7, p. 542-543, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1021/ed069p542>. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed069p542>. Acesso em: 28 fev. 2025.

HONORATO, Maria Aparecida; MION, Rejane Aurora. *A importância da problematização na construção e na aquisição do conhecimento científico pelo sujeito*. Encontro nacional de pesquisa de educação em ciências. Florianópolis, 2009.

JOHNSTONE, Alex H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 7, p. 75-83, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>. Acesso em: 28 fev. 2025.

KIMURA, Rodrigo Kendi; AMARAL, Carmem Lúcia Costa. Aplicação da metodologia da problematização com o arco de Maguerez nas aulas experimentais de química. *REPPE: Revista de Produtos Educacionais e Pesquisa em Ensino*, Cornélio Procópio, v. 4, n. 1, p. 127-149, 2020. Disponível em: <https://seer.uenp.edu.br/index.php/reppe/article/view/957>. Acesso em: 9 dez. 2024.

KIND, Vanessa. *Beyond appearances: students misconceptions about basic chemical ideas*. 2. ed. Durham, 2004.

LIMA, Maria Valgerlene Souza; SILVA, Suely Alves da. Situações-problema: uma estratégia didática para o ensino de ciências no ensino fundamental. *Revista Dynamis*, Blumenau, v. 22, n. 1, p. 59-73, 2016. DOI: <https://doi.org/10.7867/1982-4866.2016v22n1p59-73>. Disponível em: <https://ojsrevista.furb.br/ojs/index.php/dynamis/article/view/5816>. Acesso em: 9 dez. 2024.

LOPES, Renato Matos; ALVES, Neila Guimarães; PIROG, Max Fonseca Pierini; SILVA FILHO, Moacelio Veranio. Características gerais da aprendizagem baseada em problemas. In: LOPES, Renato Matos; SILVA FILHO, Moacelio Veranio; ALVES, Neila Guimarães (org.). *Aprendizagem baseada em problemas: fundamentos para a aplicação no ensino médio e na formação de professores*. Rio de Janeiro: Publiki, 2019.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.

MARQUES, Alfredo. A química da água sanitária. Universidade Federal do Paraná, 10 abr. 2020. Disponível em: <https://www.quimica.ufpr.br/paginas/lpq/a-quimica-da-agua-sanitaria/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

MEDEIROS, Denise Rosa; GOI, Maria Elisângela Jappe. A resolução de problema articulada ao ensino de química. *Revista Debates em Ensino de Química*, Pernambuco, v. 6, n. 1, 2020. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/2754>. Acesso em: 9 dez. 2024.

MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, Marco Antônio; MASSONI, Neusa Terezinha. *Interfaces entre teorias de aprendizagem e ensino de ciências/física*. Porto Alegre: Instituto de Física/UFRGS, 2015.

MORESI, Eduardo. *Metodologia da pesquisa*. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2003.

MORI, Lorraine; CUNHA, Marcia Borin. Problematização: possibilidades para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 42, n. 2, p. 176-185, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160197>. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc42_2/10-EQF-41-19.pdf. Acesso em: 9 dez. 2024.

NUNES, Albino Oliveira; DANTAS, Josivânia Marisa; SILVA, Fabiana Roberta Gonçalves e; OLIVEIRA, Ótom Alselmo de. *Ácidos e Bases: discutindo os conceitos dentro das relações ciência-tecnologia-sociedade*. São Paulo: Editora da Física, 2015.

PASTORIZA, Bruno dos Santos; ARAUJO, Mara Bertrand Campos de; AMARAL, Suzana Trindade; SALGADO, Tania Denise Miskinis; DEL PINO, José Cláudio. Um objeto de aprendizagem para o ensino de química geral. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre, v. 5, n. 2, 2007. DOI: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.14269>. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/14269>. Acesso em: 9 dez. 2024.

PAULETTI, Fabiana; ROSA, Marcelo Prado Amaral; CATELLI, Francisco. A importância da utilização de estratégias de ensino envolvendo os três níveis de representação da Química. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 121-134, 2014. DOI: 10.3895/S1982-873X2014000300008. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/1366>. Acesso em: 9 dez. 2024.

PAULETTI, Fabiana; FENNER, Roniere dos Santos; ROSA, Marcelo Prado Amaral. A linguagem como recurso potencializador no ensino superior. *Perspectiva*, Erechim, v. 37, n. 139, p. 7-17, 2013. Disponível em: https://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/139_358.pdf. Acesso em: 9 dez. 2024.

PEDROSA, Michelha Vaz; OLIVEIRA, Josiléia Curty; MARTINS, Isabella Vilhena Freire. Docência e formação continuada no ensino superior: experiências em uma Universidade Federal no Brasil. *Revista Docência do Ensino Superior*, Belo Horizonte, v. 14, e051070, p. 1-20, 2024. DOI: <https://doi.org/10.35699/2237-5864.2024.51070>. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rdes/article/view/51070>. Acesso em: 9 dez. 2024.

PERUZZO, Francisco Miragaia; CANTO, Eduardo Leite do. *Química na abordagem do cotidiano*. São Paulo: Editora Moderna LTDA, 2006.

RAUPP, Fabiano Maury; BEUREN, Ilse Maria. Metodologia da pesquisa aplicável às ciências sociais. In: BEUREN, Ilse Maria (org.). *Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática*. São Paulo: Atlas, 2006. p. 76-97.

ROMÃO, Ivana Carneiro; PINHEIRO, Nádia Aguiar Portela; CRISTINO, Jéssica Híade Silva; ROCHA, Nágila Menezes. Análise da contextualização dos conteúdos de química nas questões do exame nacional do ensino médio (ENEM). *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 10215-10224, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-692>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/23836>. Acesso em: 9 dez. 2024.

SÁ, Luciana Passos; QUEIROZ, Salete Linhares. *Estudo de casos no ensino de química*. Campinas: Átomo, 2010.

SALES, Amanda Maria Vieira Mende; BATINGA, Verônica Tavares Santos. Análise da percepção de licenciandos de química acerca de significado de exercício e problema. In: CAMPOS, Angela Fernandes; BATINGA, Verônica Tavares Santos (org). *Experiências de pesquisa sobre resolução de problemas no ensino das ciências: contextos de investigações*. Recife: EDUPE, 2022.

SELBACH, Ágatha Lottermann; DANIEL, Daniele Prestes; RIBEIRO, Daniel das Chagas de Azevedo; PASSOS, Camila Greff. O método de estudos de caso na promoção da argumentação no ensino superior de química: uma revisão bibliográfica. *Química Nova na Escola*, São Paulo v. 3, n. 1, p. 38-50, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160227>. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc43_1/QNESC_43-1_revista_baixa.pdf. Acesso em: 9 dez. 2024.

SILVA, Flávia Cristiane Vieira; AMARAL, Edenia Maria Ribeiro. Articulando conhecimentos científicos e práticos sobre ácidos/bases: uma análise de formas de falar e modos de pensar de licenciandos em química e cabeleireiras. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 22, p. 1-25, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/21172020210124>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/jwqY9Bp5DPGGp6TLLbLdt9d/>. Acesso em: 9 dez. 2024.

SILVA, Leonardo A.; LARENTIS, Ariane L.; CALDAS, Lúcio A.; RIBEIRO, Manuel G. L.; ALMEIDA, Rodrigo V.; HERBST, Marcelo 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*, São Paulo, v. 36, n. 4,

p. 261-268, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20140031>. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc36_4/04-CCD-61-13.pdf. Acesso em: 9 dez. 2024.

SILVA, Karla Maria Euzebio da; SALES, Amanda Maria Vieira Mendes; CRUZ, Maria Eduarda de Brito; BATINGA, Verônica Tavares Santos. O problema no ensino de ciências pensando sobre a sua natureza, características e condições para elaboração e resolução. In: CAMPOS, Angela Fernandes; BATINGA, Verônica Tavares Santos (org). *Experiências de pesquisa sobre resolução de problemas no ensino das ciências: contextos de investigações*. Recife: EDUPE, 2022.

SOUZA, Felipe Moura; ARICÓ, Eliana Maria. Mapa cronológico da evolução das definições ácido-base: um potencial material de apoio didático para contextualização histórica no ensino de química. *Educación Química*, México, v. 28, n. 1, p. 2-28, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.09.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X16300350>. Acesso em: 9 dez. 2024.

SOUZA, Cleuzane. R.; SILVA, Fernando. C. Discutindo o contexto das definições de ácido e base. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 14-18, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160099>. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc40_1/04-CCD-52-17.pdf. Acesso em: 9 dez. 2024.

VOLLHARDT, K. Peter C.; SCHORE, Neil E. *Organic Chemistry: Structure and function*. New York: W.H. Freeman and Company, 2009.

ZÔMPERO, Andreia Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 13, n.3, p. 67-80, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21172011130305>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eppec/a/LQnxWqSrmzNsrRzHh3KJYbQ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 9 dez. 2024.

Larissa de Lima Faustino

Mestre em Química Aplicada pela Universidade Estadual do Centro-Oeste — UNICENTRO. Graduada em Química Licenciatura pela UNICENTRO. Durante a graduação, participou do PIBID/CAPES e grupos de Iniciação Científica. Realizou estágio nos Laboratórios Didáticos da UNICENTRO. Atualmente, trabalha na Secretaria Municipal de Educação de Guarapuava — PR.

larissal Faustino@gmail.com

Elisa Aguayo da Rosa

Doutora em Química pela Universidade Estadual de Maringá. Mestre em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professora do Departamento de Química da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) e do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Naturais e Matemática (PPGEN-UNICENTRO).

elisadarosa@unicentro.br

Franciely Ignachewski

Doutora em Química Inorgânica, mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, mestre em Química Aplicada, e graduada em Química pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Atua em Química de Materiais, Ambiental e Ensino, com ênfase em catalisadores, processos oxidativos, CTSA, desenvolvimento de sequências didáticas e aprendizagem significativa.

franciely@unicentro.br

Como citar este documento – ABNT

FAUSTINO, Larissa de Lima; ROSA, Elisa Aguayo da; IGNACHEWSKI, Franciely. Ácido e base de Brönsted-Lowry e de Lewis: uma problematização de química para o Ensino Superior. *Revista Docência do Ensino Superior*, Belo Horizonte, v. 15, e053639, p. 1-22, 2025. DOI: <https://doi.org/10.35699/2237-5864.2025.53639>.