

**GIANE APARECIDA ANDRADE FONTES**

**EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA DO TEMA FORÇA ÁCIDA: PROPOSTA  
DIDÁTICA COM CONCEPÇÃO PEDAGÓGICA FUNDAMENTADA NOS  
PRESSUPOSTOS DE MARIA MONTESSORI**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Deyse Gomes da Costa

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

F683e  
2023  
Fontes, Giane Aparecida Andrade, 1984-  
Experimentação investigativa do tema força ácida: proposta didática com concepção pedagógica fundamentada nos pressupostos de Maria Montessori / Giane Aparecida Andrade Fontes. – Viçosa, MG, 2023.

1 dissertação eletrônica (74 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndice.

Orientador: Deyse Gomes da Costa.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Química, 2023.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.493>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Ionização - Estudo e ensino. 2. Montessori, Maria, 1870-1952. 3. Montessori, Método de educação. 4. Construtivismo (Educação). I. Costa, Deyse Gomes da, 1983-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Química. Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional. III. Título.

CDD 22. ed. 541.3722


**GIANE APARECIDA ANDRADE FONTES**

**EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA DO TEMA FORÇA ÁCIDA: PROPOSTA  
DIDÁTICA COM CONCEPÇÃO PEDAGÓGICA FUNDAMENTADA NOS  
PRESSUPOSTOS DE MARIA MONTESSORI**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.


APROVADA: 02 de junho de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente  
 GIANE APARECIDA ANDRADE FONTES  
Data: 14/08/2023 20:03:34-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Giane Aparecida Andrade Fontes**  
Autora

Documento assinado digitalmente  
 DEYSE GOMES DA COSTA  
Data: 15/08/2023 07:40:15-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Deyse Gomes da Costa**  
Orientadora

*À minha família.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por ter sido meu refúgio e fortaleza nessa caminhada e dedico a Ele esta conquista, porque D'Ele, por Ele e para Ele são todas as coisas.

Agradeço ao meu marido pelo incentivo e aos meus filhos pela compreensão.

Agradeço à minha orientadora Deyse, pela atenção dedicada à leitura, pela resposta ágil e cuidadosa, pela compreensão nos momentos em que foi difícil conciliar trabalho, casa e estudo, pelas intervenções sempre precisas.

Agradeço aos meus colegas pelo apoio durante todo o curso, especialmente, às amigas Aline, Elaine e Tatiane.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

*“Ajude-me a crescer, mas deixe-me ser eu mesmo.”*  
(Maria Montessori)

## RESUMO

FONTES, Giane Aparecida Andrade, M.Sc, Universidade Federal de Viçosa, junho de 2023. **Experimentação Investigativa da Força Ácida: proposta didática com concepção pedagógica fundamentada nos pressupostos de Maria Montessori.** Orientadora: Deyse Gomes da Costa.

Neste trabalho é apresentada uma revisão bibliográfica sobre a Pedagogia Montessoriana e a experimentação investigativa. O objetivo deste estudo foi desenvolver uma sequência didática sob a ótica construtivista, fundamentada na experimentação investigativa e nos pressupostos da pedagogia de Maria Montessori, para a compreensão do tema força ácida. Para discorrer sobre o tema, apresenta-se uma breve biografia de Maria Montessori e suas experiências no convívio com alunos com deficiência. Na sequência, apresenta-se a importância da experimentação investigativa e seus princípios. Além disso, foi realizada a comparação e associação do papel do aluno, do professor e da influência do ambiente segundo a Pedagogia Montessoriana e segundo a metodologia de experimentação investigativa. A discussão dos resultados destaca as semelhanças entre os métodos, que podem ser aproveitadas para adaptação da pedagogia ao Ensino Médio. Neste tópico, também verifica-se que a associação dos métodos atende às exigências para o aprendizado das habilidades propostas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Por fim, foi desenvolvida uma sequência didática a partir dos resultados da pesquisa. Tal sequência, com diferentes etapas, visa oportunizar o protagonismo do estudante e favorecer a construção do conhecimento orientado pelo professor, facilitando o desenvolvimento de cada papel de acordo com as metodologias apresentadas. As atividades a serem desenvolvidas pelo estudante envolvem a utilização de um simulador virtual e a realização de um experimento com materiais de fácil acesso. Com esta pesquisa, espera-se auxiliar professores no ensino do tema e favorecer o protagonismo do estudante.

Palavras-chave: Força ácida. Experimentação Investigativa. Maria Montessori. Pedagogia Montessoriana. Construtivismo.

## ABSTRACT

FONTES, Giane Aparecida Andrade, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2023. **Investigative Experimentation of the Acid Force: didactic proposal with a pedagogical conception based on the assumptions of Maria Montessori.** Adviser: Deyse Gomes da Costa.

This research presents a bibliographic review on Montessorian Pedagogy and investigative experimentation. The goal of this study is to develop a didactic sequence from a constructivist perspective, based on investigative experimentation and on the budgets of Maria Montessori's pedagogy, in order to comprehend the acid force theme. To discuss the subject, a brief biography of Maria Montessori and her experiences regarding students with disabilities is presented. After that, the importance of investigative experimentation and its principles are presented as well. In addition, the role of the student, the teacher and the influence of the environment were compared and associated according to Montessori Pedagogy and according to the methodology of investigative experimentation. The discussion of the results highlights the similarities between the methods, which can be used to adapt the pedagogy regarding high school. In this topic, it is also verified that the association of methods meets the requirements for learning the skills proposed by the National Common Curricular Base (BNCC). Finally, a didactic sequence was developed based on the research results. Through different stages, it aims to provide opportunities for student protagonism and potentialize the construction of knowledge guided by the teacher, facilitating the development of each role in accordance with personalized methodologies. The activities to be developed by the student involve the use of a virtual simulator and the performance of an experiment with easily accessible materials.

Keywords: Acid strength. Investigative Experimentation. Maria Montessori. Montessori Pedagogy. Constructivism.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Condutividade Elétrica em solução de ácido fraco .....   | 42 |
| Figura 2 - Condutividade elétrica em solução de ácido forte.....    | 42 |
| Figura 3 - Medida de pH com fita em solução de ácido fraco.....     | 43 |
| Figura 4 - Medida de pH com fita em solução de ácido forte .....    | 43 |
| Figura 5 - Medida de pH com pHmetro em solução de ácido fraco.....  | 44 |
| Figura 6 - Medida de pH com pHmetro em solução de ácido forte ..... | 44 |
| Figura 7 - Roteiro para uso do simulador .....                      | 45 |
| Figura 8 - Kit de materiais para experimentação.....                | 46 |
| Figura 9 - Resultado da aplicação piloto .....                      | 47 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Comparação entre atividades experimentais tradicionais e investigativas (SILVA, A. 2017) ..... | 26 |
| Tabela 2 - Aspectos da Experimentação Investigativa (Tabela do autor) .....                               | 27 |
| Tabela 3 - Fatores que afetam a força ácida (Tabela do autor) .....                                       | 30 |
| Tabela 4 - Classificação do acervo em eixos temáticos (Tabela do autor) .....                             | 35 |
| Tabela 5 - Comparativo entre a Pedagogia Montessoriana e o Construtivismo (Tabela do autor).....          | 40 |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 11 |
| 1.1 – Sobre a escolha do tema “Força Ácida” .....                                    | 12 |
| 1.2 – A experimentação investigativa .....   | 13 |
| 1.3 – A pedagogia Montessoriana .....  | 14 |
| 1.4 - O papel do professor segundo Paulo Freire .....                                | 14 |
| 1.5 – A limitação imposta pela pandemia de COVID-19 - um relato da experiência ..... | 15 |
| 2. OBJETIVOS .....   | 17 |
| 2.1 – Objetivo Geral .....   | 17 |
| 2.2. – Objetivos Específicos.....  | 17 |
| 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....  | 18 |
| 3.1 - Maria Montessori, pioneira na proposta de protagonismo do estudante            | 18 |
| 3.1.1 - Breve histórico de Maria Montessori.....                                     | 18 |
| 3.1.2 - O Método Montessori .....  | 19 |
| 3.1.2.1 - Ensino Médio Montessoriano .....   | 23 |
| 3.2 - Experimentação Investigativa .....   | 23 |
| 3.2.1 - As características da experimentação investigativa .....                     | 27 |
| 3.3 - Força dos ácidos .....   | 29 |
| 3.3.1 - Ácido de Arrhenius .....   | 31 |
| 4. METODOLOGIA.....  | 33 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 36 |
| 5.1 - O papel do professor .....   | 37 |
| 5.2 - O papel do estudante .....   | 38 |
| 5.3 - A importância do ambiente e dos materiais .....                                | 39 |
| 5.4 - O elo com o construtivismo .....   | 40 |
| 5.5 - A proposta de sequência didática.....  | 40 |
| 5.5.1 - A discussão inicial .....  | 41 |
| 5.5.2 - O uso do simulador virtual .....   | 41 |
| 5.5.3 - A experimentação investigativa da força dos ácidos .....                     | 45 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....  | 49 |
| REFERÊNCIAS.....   | 51 |
| APÊNDICE A – Produto Educacional.....  | 54 |

## 1. INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências, logo, o ensino da Química, ainda está sujeito às práticas tradicionais, caracterizadas para o acúmulo de conteúdo e desenvolvimento de habilidades de cunho técnico/operacional. Tendo tal prioridade, os conceitos, símbolos, linguagens e teorias precisam passar por processos de contextualização (CAPECCHI, 2006). Esses processos acontecem por meio de exemplos e da aplicação de um conceito no cotidiano do aluno, da apresentação de um vídeo, de uma situação problemática ou de uma atividade prática em laboratório.

Para Albuquerque (2019), o processo de contextualização procura proporcionar experiências concretas e diversas durante a aprendizagem, promovendo a construção de significados, os quais não são neutros, devendo ter atribuídos a eles valores relacionados à exploração e apresentação do cotidiano. Ao contextualizar, o professor espera auxiliar o estudante nesse processo.

Já Capecchi, considera que apenas esse caminho impõe obstáculos ao aprendizado e à compreensão da importância de tais conceitos e linguagens na construção do conhecimento por parte do estudante, pois acompanha um excesso de formalismo que torna “a disciplina muito distante da realidade dos alunos e dificultam seu entendimento”, além de favorecerem uma percepção distorcida do método científico (CAPECCHI, 2006).

Visando enriquecer os processos de ensino, alguns professores incluem atividades práticas experimentais em sua rotina. Segundo Suart (2009), a compreensão dos conceitos pelos estudantes é favorecida, bem como o aprendizado do método científico, quando há participação ativa em processos investigativos, nos quais há possibilidade de refletir e desenvolver hipóteses. Porém, conforme a mesma autora, diversas atividades experimentais, mesmo atualmente, são desenvolvidas e realizadas buscando apenas a motivação do estudante por se tratar de uma aula diferente ou, simplesmente, para comprovação de algum conceito ou teoria já estudado em sala de aula.

Para Capecchi (2006), ainda que a atividade de ensino seja desenvolvida em laboratórios, é necessário o devido cuidado, pois os roteiros pré-definidos e engessados afastam a ciência da realidade do aluno, não deixando espaço para sua participação ativa e para a construção do conhecimento.

Por outro lado, os processos investigativos, em oposição aos ilustrativos, além de exemplificar os fenômenos associados ao objeto de conhecimento, visa proporcionar o empenho e a reflexão dos alunos, levando à elaboração de hipóteses na tentativa de explicar tais fenômenos (AZEVEDO, 2012). Para Suart (2009), processos investigativos são aqueles que promovem o raciocínio sobre um problema apresentado e a busca por soluções por meio da elaboração de hipóteses e análise de dados. Dessa forma, o estudante pode manifestar suas habilidades cognitivas. Para Oliveira (2012), experimentos ilustrativos são aqueles nos quais o estudante realiza a atividade prática com o mesmo fim de um experimento demonstrativo: comprovar um conceito ou teoria já estudados.

Esse processo de elaboração e construção de hipóteses é fundamentado na prática e nos conhecimentos científicos prévios. Assim, o processo de aprendizagem exige do aluno uma postura ativa, não mais de espectador, mas sim de investigador (AZEVEDO, 2012). O professor, renuncia ao poder e à autoridade, encontrando sua vitória em tais perdas (MONTESSORI, 2014, p.124).

### **1.1 – Sobre a escolha do tema “Força Ácida”**

No Ensino Médio, é comum que o interesse dos alunos pela Química esteja associado aos fenômenos exibidos, muitas vezes com efeitos ampliados, na ficção. Um exemplo é a abordagem do tema força ácida em sala de aula. A maioria dos estudantes associa essa força à reatividade do ácido, levando em consideração sua reatividade e capacidade de transformar materiais que apresentam alta tenacidade ou resistência a diferentes tipos de força, como os metais, quando, na verdade, a força de um ácido está relacionada ao seu grau de ionização. Esta relação é extremamente importante para a compreensão do conceito de pH e do equilíbrio existente em soluções de ácidos fracos. De outro modo, o estudante poderia até realizar o cálculo de  $K_a$ , mas seria apenas um aprendizado matemático e de repetição de um método, sem o necessário entendimento da teoria.

A discussão desse tema, abordando o conceito de ácido proposto por Arrhenius e considerando, portanto, a concentração de íons  $H^+$  em solução, é importante para desconstruir barreiras do senso comum e abrir caminho para o estudo de pH das soluções.

O tema “Força Ácida” foi escolhido por ser um tema abordado nas três séries do Ensino Médio, em diferentes áreas da Química. Na 1ª série, quando prevalece o ensino da Química Geral, o assunto é discutido no estudo das funções inorgânicas. Já na 2ª série, período dedicado à físico-química, o estudo da força ácida é necessário para a compreensão dos valores de pH em soluções de ácidos fracos e do equilíbrio químico em tais soluções. Por fim, na 3ª série, além do revisional referente às séries anteriores, o tema volta a ser abordado no estudo do caráter ácido dos compostos orgânicos.

Além disso, o assunto está inserido no cotidiano do estudante, visto que está em contato com substâncias ácidas presentes em sua alimentação, em produtos para remoção de resíduos, baterias de carros e mesmo em seu próprio organismo.

Deste modo, trata-se de um assunto que vai ao encontro do currículo do estudante de Ensino Médio, sustentando conceitos relacionados a objetos de conhecimento mais complexos e sendo fundamental para a compreensão de processos bioquímicos e fenômenos do cotidiano.

## **1.2 – A experimentação investigativa**

O ensino tradicional, baseado na transmissão de conhecimento pelo professor e recepção pelos alunos, mostra-se como apresentado nesta introdução e detalhado no desenvolvimento deste trabalho, insuficiente para promoção da construção do conhecimento pelo estudante, explicitando a necessidade de um profissional docente com postura adequada (AZEVEDO, 2015).

Segundo Lamba (apud SOUZA, 2016, p.16), o processo investigativo permite que o estudante por si mesmo descubra informações desconhecidas para ele, por orientação do professor, que já as conhecia e apenas “catalisa” o processo, direcionando as discussões, sem, contudo, ser a fonte de informações. Deste modo, a responsabilidade pela aprendizagem fica a cargo do próprio aluno, favorecendo seu protagonismo.

A experimentação investigativa permite a introdução e exploração de conceitos, indo além da simples verificação e ilustração destes. A informação direta da teoria abre espaço à discussão e proposição, pela utilização da análise de dados experimentais para a derivação de conceitos.

### **1.3 – A pedagogia Montessoriana**

Segundo Montessori, “a personalidade é única e indivisível”, e todas as nossas conexões e atividades mentais dependem de um centro (MONTESSORI, 2014, p. 18). É necessário, portanto, respeitar a individualidade e utilizar de metodologias pedagógicas que possibilitem o desenvolvimento de diferentes habilidades relacionadas ao objeto de conhecimento.

A pedagogia Montessoriana contribui para que a percepção do aluno seja valorizada, para que o aluno possa ser o protagonista do processo de aprendizagem, tendo liberdade, controle e domínio para construção do conhecimento.

O potencial de aprender, para Montessori, é intrínseco a cada um, e tal percepção a torna pioneira na pedagogia neste sentido, apresentando a ideia de dar mais atenção à autoeducação do estudante que à atuação do docente como fonte de informações (VILELA, 2014).

Em sua obra, Montessori ressalta, incansavelmente, a relevância de empreender estratégias que oportunizem o desenvolvimento de atitudes ao invés de de simples competências, mediante a contemplação, expressando-se, por fim, na disciplina (RÖHRS, 2010).

### **1.4 - O papel do professor segundo Paulo Freire**

Assim como Maria Montessori, o brasileiro Paulo Freire propôs um novo modelo, apresentando o professor como profissional preparado científica, mental, emocional, física e afetivamente para garantir ao estudante o direito e a responsabilidade de construir seu conhecimento.

Segundo Rossi (2015), Freire não considera o professor como superior ao ambiente e a educação deve ser libertadora e dialética. A liberdade proposta por Freire se difere daquela defendida por Montessori. Enquanto esta relaciona-se à autonomia da criança em relação ao seu aprendizado, a primeira refere-se, também, a questões políticas, econômicas e sociais, voltando sua obra para aqueles que se encontram marginalizados, visto que trabalhava com adultos analfabetos, oprimidos do sistema econômico e político.

Freire defendia a educação para tornar as pessoas mais críticas e politizadas, capazes, então, de realizar transformações sociais conforme suas necessidades.

“[...] E que, ao em vez de escravizar crianças e mestras a programas rígidos e nacionalizados, faça que aquelas aprendam sobretudo a aprender. A enfrentar dificuldades. A resolver questões. A identificar-se com a sua realidade. A governar-se, pela ingerência de seus destinos. A trabalhar em grupo.” (FREIRE apud SANTANA, 2020, p.43)

Apesar dos enfoques diferentes, ambos, Montessori e Freire, acreditavam na educação como uma possibilidade de libertação para aquele que aprende, buscando o protagonismo estudantil em seus processos de aprendizagem. Essa autonomia só é conquistada quando o aluno entra em contato direto com objetos cognoscíveis, e não por meio da descrição que o professor possa fazer destes (ROSSI, 2015).

Segundo Santana (2020), para Freire, aluno e professor criam uma relação de afetividade, podendo cada um se expressar, numa troca que permite ao professor também aprender e refletir em sua prática docente.

O professor, para Freire e Montessori, portanto, não tem a função de transferir conhecimento, mas sim de permitir, por meio da reflexão, do contato e das necessidades do próprio sujeito, a construção do conhecimento (ROSSI, 2015).

### **1.5 – A limitação imposta pela pandemia de COVID-19 - um relato da experiência**

No ano de 2020, em razão da pandemia de COVID-19, tornou-se necessário o isolamento social como medida para minimizar a transmissão do coronavírus. A medida, defendida pela OMS (Organização Mundial da Saúde), levou à suspensão das aulas presenciais em diversas escolas de todo o mundo e, inclusive, do Brasil.

Na rede particular de ensino básico, deu-se início, então, a processos de capacitação que permitissem o ensino remoto, inclusive por meio de metodologias ativas, buscando permitir a participação do aluno neste novo formato, visto a oferta de aulas remotas encontrou respaldo na aprovação do Parecer CNE/CP nº 15/2020, que orienta “que a reorganização do calendário escolar deve assegurar formas de alcance das competências e objetivos de aprendizagem relacionados à BNCC”

devendo estes ser publicados pela instituição de ensino para cômputo de carga horária.

Durante as aulas, mesmo nas atividades síncronas, a participação dos estudantes era baixa e a maioria mantinha a câmera fechada. Ainda assim, nos momentos dedicados à experimentação, alguns estudantes manifestavam-se, tirando dúvidas ou apresentando seus resultados. A utilização da experimentação durante este período ficou limitada ao uso de materiais de fácil acesso e o acompanhamento do processo foi prejudicado devido às condições, visto que alguns estudantes alegavam não ter câmera e/ou microfone ou não queriam se expor.

Este trabalho foi desenvolvido durante este período e apresenta métodos que podem ser aplicados tanto no ensino presencial quanto remoto, bem como no ensino híbrido, que tende a permanecer por meio do uso de recursos para desenvolvimento de habilidades e competências do ensino básico.

Além disso, a revisão bibliográfica e o produto deste trabalho vão ao encontro da demanda pedagógica apresentada pela BNCC, propondo metodologia diversificada, a qual envolve etapas que privilegiam diferentes formas de aprender, tais como a pesquisa, o uso de simulador virtual, a análise, a experimentação e a prototipagem. Assim, o projeto impõe ao aluno a responsabilidade pelo seu aprendizado e define o professor como facilitador (BRASIL, 2018).

Partindo das perspectivas apresentadas, este estudo consistiu em identificar as contribuições do método Montessori aliado à experimentação investigativa no processo de ensino da força dos ácidos no Ensino Médio, a partir da revisão bibliográfica na área.

Por fim, esta pesquisa procura responder à seguinte pergunta:

- Como a experimentação investigativa pode ser aplicada, sob a base pedagógica de Maria Montessori, ao ensino da força ácida no Ensino Médio?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 – Objetivo Geral**

Desenvolver um produto educacional que usa uma didática investigativa para o estudo da Força dos Ácidos sob a ótica construtivista e o apoio da pedagogia montessoriana.

### **2.2. – Objetivos Específicos**

- Desenvolver uma sequência didática que possa ser aplicada por professores que buscam dar ao aluno a oportunidade de participar ativamente da construção do conhecimento.
- Promover a experimentação investigativa.
- Realizar a aplicação piloto para correção da proposta.
- Propor a utilização de um kit de materiais de fácil acesso como referência.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 - Maria Montessori, pioneira na proposta de protagonismo do estudante

##### 3.1.1 - Breve histórico de Maria Montessori

Maria Montessori nasceu em 31 de agosto de 1870, em Chiaravalle, na Itália. Em 1896, concluiu o curso de Medicina, tornando-se a primeira mulher italiana a conseguir tal feito em um ambiente e período carregado de preconceitos e de predominância masculina. O mundo era feito “pelos e para os homens”. Para garantir sua entrada na faculdade de Medicina e permanência até a conclusão do curso, foi necessária a autorização e amparo do Papa Leão XII, contrariando a comunidade acadêmica (VILELA, 2014).

Ainda na faculdade de Medicina, Montessori estudou sobre neuropatologia, trabalhando como assistente na área, na clínica psiquiátrica da Universidade de Roma, por dois anos, após sua formatura. A partir de 1888, passou a atuar como co-diretora da Escola Ortofrênica de Roma, onde desenvolveu seu trabalho junto a crianças com deficiências mentais. Contrariando os valores da sociedade machista em que vivia, tornou-se mãe solteira e não abandonou o trabalho mesmo após o nascimento da criança (VILELA, 2014).

A afinidade de Montessori com a área educacional se deu por meio de uma visita, ainda no período da faculdade, a um abrigo para crianças, ficando incomodada com a forma com que as crianças com deficiência eram tratadas. A situação fez com que Montessori se dedicasse à educação dessas crianças, aproximando-a de estudiosos da área, como Jean Itard e Édouard Seguin, ambos especialistas na educação de crianças com deficiência e surdas, e também de Friedrich Froebel. Em comum, tinham a crença de que era possível que tais crianças aprendessem de outras maneiras. “Montessori começou a vislumbrar a partir desse princípio de seus estudos, a substituição dos hospícios por escolas especiais” (MACHADO, M. 2015).

Influenciada pela vivência obtida em seu trabalho na clínica, quando pôde observar as crianças brincando com pedaços de pão por não terem brinquedos, bem como por exercícios propostos pelo estudioso Seguin, Montessori dedicou-se com paixão aos problemas educativos pedagógicos (RÖHRS, 2010).

“Foram essas maravilhosas crianças, essas pobres e simples crianças de Roma, que me indicaram o caminho da justiça; foram elas que me persuadiram da tarefa à qual fui chamada: renovar a educação, combater com todas minhas forças os antigos preconceitos da escravidão da criança, e, portanto, do homem; libertar sua alma de tantas cadeias, ajudá-las a viver e ajudar a humanidade a construir um mundo melhor.” (MACHADO, I. 1980, p. 02).

Suas primeiras propostas pedagógicas foram voltadas para este público, sendo depois adaptadas para todas as crianças. Seu método e os centros de interesse de Decroly (também formado em medicina), “foram os primeiros sistemas didáticos individualizados”, ficando aquele mundialmente conhecido como Método Montessori ou montessoriano (VILELA, 2014).

“Com esse seu modo particular e inovador de educar, para a época em que vivia, Maria Montessori se destacou como uma das figuras autênticas da educação nova enquanto movimento internacional. Segundo sua visão pedagógica, o potencial de aprender está em cada um de nós, essa assertiva fez dela a pioneira no campo pedagógico, no sentido de dar mais ênfase à autoeducação do aluno do que ao papel do professor, como fonte de conhecimento.” (VILELA, 2014)

Maria de Montessori faleceu no dia 6 de maio de 1952, aos 81 anos de uma vida dedicada à defesa da educação infantil. Ainda segundo Vilela, foi autora de uma dezena de livros” e realizou palestras por todo o mundo, compartilhando suas crenças e rompendo com as tradições e paradigmas que prevaleciam no ambiente escolar àquela época (VILELA, 2014).

### 3.1.2 - O Método Montessori

Método é um processo utilizado para alcançar um objetivo, chegar a um fim determinado, logo, as teorias, conceitos, experimentos, atividades práticas e materiais didáticos utilizados para favorecer o processo de ensino/aprendizagem, são um método. Por isso, a Pedagogia Montessori é também conhecida como Método Montessori, sendo chamada por ela de método científico de aprendizagem.

Para Montessori (apud RÖHRS, 2010, p.27) “Um indivíduo é o que é, não por causa dos professores que ele teve, mas pelo que realizou, ele mesmo”.

O método de ensino proposto por Maria Montessori, assim como sua trajetória o fez, afronta às tradições, neste caso, na área educacional. Suas propostas apresentavam um método que afastava o destaque do professor e convocava o aluno para assumir o papel principal. Essa inversão opunha-se aos métodos convencionais, que exigiam a passividade e, até mesmo, a inércia do aluno, tendo como referência a figura do professor como detentor do conhecimento, sem possibilidade de questionamentos quanto à forma como tal conhecimento era apresentado ao aluno, numa clara tentativa de transmissão e não de uma construção livre (VILELA, 2014).

Maria Montessori teve importantes influenciadores para desenvolver seu método. Segundo Rohrs (2010), às ideias de Montessori, expressas em seus livros, apresentam diversas semelhanças com as concepções defendidas por Rousseau. Ambos criticaram o mundo dos adultos por desconsiderar as crianças.

“É ainda influenciada por Rousseau que ela combatia as amas de leite, as correias, as armações, as cintas protetoras e os andadores utilizados para ensinar as crianças a andar muito cedo, chegando à seguinte conclusão: “Importa deixar a natureza agir o mais livremente possível, e assim, mais a criança será livre no seu desenvolvimento, mais rapidamente e mais perfeitamente atingirá suas formas e suas funções superiores”. (RÖHRS, 2010, p.15)

As obras de Seguin e Pereira também foram base para o desenvolvimento do método de Montessori. Ambos já tinham defendido a ideia de que os sentidos influenciam na personalidade (RÖHRS, 2010).

O foco do método de Maria Montessori, portanto, fica no aluno e em sua ação, sendo deslocado do professor. Trata-se de um processo sem a rigidez tradicional, baseado, exatamente, na liberdade do aprendiz. Essa liberdade é responsável pelo estímulo de um impulso em seu interior, permitindo relacionar concepções e fornecendo um caminho lógico para o pensamento (VILELA, 2014).

O terceiro fator importante nesse labirinto do subconsciente é o que geralmente se chama de associação de ideias, ou de princípio da formação

sequencial de pensamentos. É nisso, principalmente, que todos os métodos de educação têm sido baseados, ao redor de uma ideia inicial - mas ideias podem ser montadas em sintonia ou diametralmente em oposição àquela ideia. (MONTESSORI, 2014, p. 26)

Montessori preocupou-se tanto com a educação “externa” quanto com a educação “interna”. Seu método estimulava o impulso interior e o desenvolvimento natural de habilidades, mas também buscava reforçar a concentração por meio de exercícios de meditação (RÖHRS, 2010).

Além dessa grande mudança em relação ao principal agente no processo de aprendizagem, que passa a ser o próprio estudante, segundo Vilela (2014), o papel de um importante coadjuvante é dado, não ao professor, mas ao ambiente de aprendizagem.

Para Rohrs (2010), a obra de Montessori é sustentada pelo conceito fundamental de que o aprendizado acontece em ambiente apropriado e preparado para tal, e seu método pedagógico possui como principal característica a igualdade de relevância do desenvolvimento interno e do desenvolvimento externo. Vilela (2014), afirma que o ambiente criado para proporcionar experiências ao estudante é de suma importância para o processo de aprendizagem.

O ambiente preparado abre espaço ao protagonismo do estudante no seu próprio processo de aprendizagem. É neste ambiente que o aluno tem autonomia para direcionar seu aprendizado, contando com o professor como um facilitador (FIGUEIREDO & SOUSA, 2021).

O local do aprendizado, que parecia não se relacionar com o aprendiz, torna-se vivo e parte fundamental do processo de ensino/aprendizagem. O estabelecimento dessa nova relação aluno-ambiente, liberta o estudante da inércia anteriormente exigida, dando lugar à ação e ao movimento para conclusão do processo (VILELA, 2014).

Por meio de suas observações e vivências, ficou perceptível para Maria Montessori a capacidade que a criança possui de aprender de forma autônoma. Para alcançar essa autonomia, ela carece de um ambiente de aprendizado adequado para sua interação, permitindo-a progredir no processo com liberdade e ao seu tempo. A experiência permite à criança refletir e decidir com confiança. Essa liberdade de aprender e escolher foi defendida por Montessori para concretização do

processo de aprendizagem, pois, por meio de suas observações e relações com o ambiente, é que a criança consegue perceber e identificar suas dificuldades, corrigindo-as de forma natural por si só ou buscando auxílio (FIGUEIREDO e SOUSA, 2021).

Para Vilela (2014), a pedagogia Montessori presunha o aprendizado das “coisas a partir delas mesmas”. Para Figueiredo e Sousa (2021) essa mudança indicava uma transferência drástica do professor para a criança. O conhecimento passa, então, a ser compartilhado tanto pelo ambiente quanto pelo professor, que agora, junto a um agrupamento de objetos, contribui para o aprendizado da criança.

Eu me pergunto como surgiu a teoria de que para trabalhar com a mão o indivíduo deve ter a mente não cultivada, ou que uma mente cultivada seja alcançada sem ajuda das mãos. Deve um homem ser classificado como um trabalhador que utiliza a cabeça ou as mãos, em vez de ser permitido a ele funcionar com sua personalidade total? Onde está a lógica na visão de que o desenvolvimento de somente um dos lados possa ser benéfico para o todo? (MONTESSORI, 2014, p. 18)

O conjunto de objetos escolhido para estar no ambiente deve auxiliar a criança em seu desenvolvimento, ensinando-a, inclusive, a ter responsabilidades. Trata-se, portanto, de material previamente definido, mas com diversidade que permita à criança realizar suas escolhas dentro do universo de objetos determinados pelo professor. A definição dos objetos, dos móveis e das características do espaço, permite a condução, sem que ela saiba, ao raciocínio que leva à construção do conhecimento. O encaixe de cilindros em uma única forma dentre outras, de outros formatos, disponíveis, auxilia a criança em seu processo de aprendizagem, visto que permite identificar o erro e corrigi-lo (RÖHRS, 2010).

Para Figueiredo e Sousa (2021), os materiais disponíveis devem despertar a curiosidade e o interesse da criança, além de estar adaptados ao tamanho e às necessidades de cada uma delas. É dessa forma, confortavelmente acomodada e interagindo com o ambiente sem incômodos, que ela se sentirá segura para fazer suas próprias escolhas, reconhecendo nesta adaptação um sinal da liberdade e da autonomia a ela concedidas.

A definição do material didático é, também, um fato que torna o método de Maria Montessori singular, pois os demais métodos propostos à época optaram por

deixar as crianças escolherem os próprios materiais. Ao selecionar o material que será disponibilizado no ambiente, o professor realiza o planejamento de cada etapa, o que garante maior qualidade do processo. A liberdade concedida pelo Método Maria Montessori manifestava-se na ação da criança, resultando em responsabilidade e autodisciplina (VILELA, 2014).

Para Vilela (2014), o material didático definido deve provocar na criança uma inquietação, levando-a a construir experiências sensoriais e ao processo da descoberta e do raciocínio. O uso deste material possibilita avaliar os êxitos e os erros e, neste último caso, induzindo a criança a persistir na busca do sucesso em outro caminho. Cabe ao professor, então, observar e identificar as novas carências de seus alunos. "... o material abre à inteligência vias que, nessa idade, seriam inacessíveis sem ele" (MONTESSORI apud RÖHRS, 2010, p.23)

#### 3.1.2.1 - Ensino Médio Montessoriano

A pedagogia montessoriana é conhecida por sua aplicação para crianças. Posteriormente, segundo Barbosa (2014), foi aplicada no ensino fundamental até o nono ano, enquanto no Ensino Médio, pesquisadores, principalmente americanos, começaram a esboçar um programa que atendesse às necessidades dos estudantes e habilidades e competências propostas para esta etapa.

Atualmente, as pesquisas na área educacional continuam a ser desenvolvidas, aproximando ainda mais os professores da proposta de Montessori, visto que, para ela, esses profissionais deveriam ter a postura de cientistas e o ambiente deveria favorecer a pesquisa por parte deles e também dos alunos (BARBOSA, 2014).

O Ensino Médio, dentro da perspectiva da pedagogia montessoriana, apresenta-se como uma fase de aprofundamento e de preparação para o ensino superior. É pela compreensão deste processo que o estudante o associa à passagem de adolescente para adulto (BARBOSA, 2014).

### 3.2 - Experimentação Investigativa

A imagem de cientistas em laboratório ainda é uma imagem que vem à mente das pessoas quando se fala em Química, bem como vidrarias de formas diversas,

com líquidos coloridos que causam explosões e mau odor. Todavia, a experimentação aplicada ao ensino deve ser adequadamente conduzida para levar a oferecer condições de aprendizagem (SOUZA, 2016).

O uso de experimentos no ensino de Química é, para muitos, uma forma de motivar o aluno e obter melhores resultados neste processo. Entretanto, muitas atividades práticas são realizadas sem uma relação estabelecida entre teoria e prática, de modo que o estudante tem dificuldade para compreender seu objetivo naquele processo. Trata-se de um uso limitado diante das potencialidades que podem ser alcançadas quando tal estratégia é aplicada adequadamente (SUART, 2009).

Para Souza (2016), há diversas abordagens do procedimento experimental e, a depender de como esse processo é orientado, pode dificultar o aprendizado, levando a resultados contrários aos esperados. O uso de atividades práticas, em laboratório ou não, em que o aluno precisa apenas seguir um roteiro, tal qual uma receita, para alcançar um único resultado válido, não deixa espaço para a reflexão do estudante, fortalecendo a imagem obsoleta do ensino de Química.

Para Mortimer (2000), o ensino tradicional da Química é resultado de um processo histórico, no qual se aplicava a repetição de fórmulas e o uso de pequenos rituais que valorizavam mais o rendimento obtido nas avaliações que o aprendizado em si; o próprio processo avaliativo, muitas vezes, valoriza a memorização. Embora na década de 60 tenha sido registrado um avanço na forma de ensinar química, a década de 70 trouxe a necessidade de determinar conteúdos que pudessem ser avaliados pela aplicação de questões objetivas em avaliações classificatórias e ritualísticas de múltipla escolha. O entendimento do estudante sobre esse processo é de que a ciência aprendida não apresenta vínculo com sua realidade, sendo necessário utilizar mais do processo de memorização que menos do processo associativo.

Distribuir elétrons - ou será melhor chamá-los de setinhas - por níveis, subníveis e orbitais; classificar cadeias carbônicas, substâncias simples e compostas, isômeros, ligações químicas. Estes são apenas uns poucos exemplos desses rituais, que muitas vezes se resumem a relacionar entre si aspectos formais da química - como fórmulas e classificações. Ao aluno resta tentar achar algum fio oculto que possa desatar esse emaranhado de definições, classificações e fórmulas. (MORTIMER, 2000)

Segundo Suart (2009), um grande número de estudantes resolve questões de química por meio da aplicação de métodos algorítmicos, sem compreender os conceitos químicos envolvidos. Na escala de Bloom, trata-se de estratégias de baixa cognição. Uma atividade investigativa, por outro lado, favorece o desenvolvimento de habilidades cognitivas de ordem mais alta, visto que para construir suas explicações é necessário passar por degraus como identificar, analisar e relacionar.

A aula experimental pode promover mais que a motivação ou a simples comprovação de uma teoria, e deve ir além da informação sobre a manipulação de vidrarias e reagentes e da ilustração da aplicação de um conceito. Aulas práticas que não privilegiam o raciocínio, a construção do conhecimento e o protagonismo do aluno também não contribuem para o desenvolvimento das competências e habilidades previstas no currículo, formando um estudante que tem maior capacidade de reprodução que de argumentação. (SUART, 2009)

O próprio ambiente investigativo pode ser organizado direcionando o planejamento da aula de modo a permitir que os estudantes questionem, planejem, levantem dados e tomem decisões. É possível que, neste processo, algumas conclusões estejam incorretas, mas é preciso conceder ao aluno esta oportunidade de errar, pois mesmo as propostas “erradas” contribuem para a construção do conhecimento (SOUZA, 2016).

A ação e a reflexão frente ao objeto de estudo são características do ensino por investigação. Nesse processo, o aluno é estimulado a elaborar hipóteses e encontrar um ambiente favorável para sua verificação por meio do uso orientado de materiais e produtos químicos. O estudante deixa a postura passiva, de observador apenas, para uma postura questionadora e argumentativa, em condição de interferir e agir no processo de construção do conhecimento (SILVA, A. 2017).

As atividades experimentais devem trazer consigo o convite à participação do estudante em cada processo, como coleta de dados, análises e discussões entre os membros do grupo, isto é, desde o planejamento, o objetivo do professor deve ser propiciar ao aluno a possibilidade de selecionar as informações relevantes, estabelecendo relações, propondo hipóteses e desenvolvendo seu raciocínio. Para Moraes (apud SUART, 2009), “um verdadeiro experimento é aquele que permite ao aluno decidir como proceder nas investigações, que variáveis manipular, que medidas realizar, como analisar e explorar os dados obtidos e como organizar seus

relatórios”. Quando as atividades são desenvolvidas dentro desta ótica, os momentos para questionamento e diálogo são previstos, de modo que as situações problematizadoras vão ao encontro dessas estratégias, removendo o limite que o aluno tinha como observador (SUART, 2009).

Assim, é necessário que estas atividades valorizem o papel a ser desempenhado pelo aprendiz, permitindo a elaboração hipóteses e a identificação de seus próprios erros, dando espaço à reflexão sobre suas próprias ideias e as de seus pares, ao raciocínio e à busca por soluções que não estejam prontas (SUART, 2009).

Para A. Silva (2017) atividades práticas investigativas podem ter origem em um problema. A partir dele, os estudantes analisam, refletem, discutem, formulam hipóteses e atuam manipulando o material disponibilizado, para, enfim, analisarem os resultados obtidos, explicarem suas interferências e conclusões, construindo os conceitos científicos.

A análise, reflexão e discussão inicial comprovam as características principais do processo de aprendizagem segundo Mortimer (1996):

- a) a aprendizagem acontece por meio da participação ativa do aluno na construção de seu próprio conhecimento;
- b) o conhecimento prévio do estudante tem um papel importante nesse processo.

O estudante deve utilizar tal conhecimento quando levado a elaborar hipóteses, verificá-las e corrigi-las de acordo com os resultados obtidos (MORTIMER, 2000).

Tabela 1 - Comparação entre atividades experimentais tradicionais e investigativas (SILVA, A. 2017)

| <b>Comparação entre atividades experimentais tradicionais e investigativas</b> |   |  |
|--|---|--|
| <b>Critérios de comparação</b>   | <b>Atividades experimentais tradicionais</b>              | <b>Atividades experimentais com proposta investigativa</b>   |
| <b>Objetivo da atividade</b>   | Verificar teorias, conceitos e leis                       | Observar e analisar fenômenos / propor hipóteses explicativas / buscar soluções para situações problemas |
| <b>Planejamento</b>  | Roteiro bem definido                                      | Planejamento livre   |
| <b>Papel do estudante</b>  | Segue os procedimentos para alcançar o resultado esperado | Investiga os fenômenos e interpreta os resultados obtidos  |

Por isso, ainda que as atividades experimentais sejam de caráter demonstrativo, podem ser consideradas investigativas. Se o professor permitir a participação dos estudantes propondo questionamentos e desafios, deixando abertura para que o aluno argumente e exponha seu raciocínio, a prática demonstrativa terá características de investigativa. Do contrário, o docente perderá a oportunidade de aproveitar todas as potencialidades do experimento apresentado (SUART, 2009).

### 3.2.1 - As características da experimentação investigativa

Em suas pesquisas, Suart e A. Silva apresentam aspectos da experimentação investigativa, a primeira segundo Tamir e este conforme Borges, conforme a tabela abaixo:

Tabela 2 - Aspectos da Experimentação Investigativa (Tabela do autor)

| <b>Aspectos da Experimentação Investigativa</b>  |   |  |
|--|---|--|
| <b>Tamir (apud SUART)</b>  | <b>Moraes (apud SUART)</b>  | <b>Borges (apud A. Silva)</b>  |
| Deve ser um meio para examinar os conhecimentos prévios dos alunos e desenvolver a sua compreensão conceitual; | Deve ter uma fase inicial para apresentação e discussão dos problemas; formulação de hipóteses; definição dos procedimentos práticos; | Deve apresentar situações abertas com nível de dificuldade de acordo com a aptidão dos estudantes;   |
|  |   | Deve estimular a reflexão sobre a importância do conteúdo estudado e propor discussões.  |
| Deve ser fundamentado numa base teórica prévia informadora e orientadora, visando a análise dos resultados;    | Deve ter uma fase de desenvolvimento com a coleta de dados pela realização do experimento.  | Deve favorecer e estimular as análises qualitativas mais significativas para a compreensão do fenômeno;  |
|  |   | Deve conceber a formulação de hipóteses como a atividade central da investigação científica, com duplo papel: a de balizar as ações dos estudantes nas investigações e desvelar às concepções alternativas dos estudantes; |
|  |   | Deve priorizar o planejamento das ações experimentais pelos estudantes;  |

|   |   |   |
|---|---|---|
| Deve ser delineada pelos alunos, permitindo o domínio sobre sua própria aprendizagem, possibilitando identificar suas dificuldades e refletir sobre elas para superá-las. | Deve ter uma fase de estudo do referencial teórico e de reflexão, visando a análise e interpretação dos dados coletados.  | Deve considerar a análise dos resultados desde a interpretação física até a verificação da confiabilidade, de acordo com o conhecimento prévio, com as hipóteses formuladas e com os resultados compartilhados entre os grupos;                             |
|   | Deve ter uma fase de elaboração de relatório para registro dos procedimentos e da análise e interpretação dos resultados. | Deve atribuir valor à memória científica e estimular a reflexão do trabalho realizado, ressaltando a necessidade da comunicação e da discussão na atividade;<br><br>Deve destacar a dimensão coletiva do trabalho em equipe e da interação entre os grupos. |

Percebe-se que a elaboração de hipóteses detém um papel fundamental no processo de aprendizagem, pois está ligada ao desenvolvimento de estratégias para coletar e analisar dados, logo, à solução buscada pelo estudante. Esse processo exige o uso de habilidades cognitivas, contribuindo para a construção dos conceitos. Além disso, Moraes (apud SUART, 2009, p.59) , defende que o processo não seja tão rígido, sendo adaptado à necessidade. Para o autor, a atividade experimental investigativa é aquela em que os estudantes não se apresentam apenas como observadores e receptores de conteúdo (SUART, 2009).

Há uma concordância de que os estudantes têm um papel ativo e o professor atua como um orientador e facilitador da aprendizagem. Não há espaço, dentro das atividades investigativas, para o aluno passivo que recebe informações do livro e de seu professor. Assim, o estudante passa por um processo de formação integral, aprendendo a buscar soluções, tornando-se ávido por realizar descobertas, capaz de apresentar suas ideias em uma discussão e argumentar de forma consciente e crítica, deixando para trás a imagem do aluno do ensino tradicional que apenas verificava resultados (SOUZA, 2016).

Também para A. Silva (2017), o professor deve assumir uma postura diferenciada em relação ao seu papel no ensino tradicional, devendo permanecer atuante, mas não simplesmente transmitindo informações, antes, sabendo incitar discussões por meio de questionamentos, conduzindo as perguntas, estimulando e propondo desafios, questionando e argumentando junto à turma (SUART, 2009 e SOUZA, 2016).

Suart (2010), defende um professor que propõe problemas, estimula ideias, permite a ampliação dos conhecimentos prévios do estudante, viabiliza a reflexão, organiza e incentiva o trabalho em equipe, além de propiciar um ambiente de respeito ao colega para compartilhamento das opiniões.

Por fim, tanto o papel do professor quanto o papel do aluno, bem delineados, são fundamentais para alcançar os objetivos de aprendizagem. Não cabe às atividades investigativas toda a responsabilidade para solucionar os problemas de aprendizagem, mas, certamente, sua proposta oportuniza maior engajamento do estudante, favorecendo seu aprendizado. O planejamento de uma experimentação investigativa é um processo complexo, que exige do docente o domínio do conteúdo, demanda tempo e necessita de cautela para flexibilizar conforme a demanda de aprendizado do aluno.

### **3.3 - Força dos ácidos**

Para Vichi (2008), o assunto ácido-base é um dos mais importantes dentre aqueles tratados na Química, por isso, não é raro que surjam discussões sobre o tema. Os ácidos, no senso comum, são conhecidos dos estudantes por diferentes aplicações: alimentação, limpeza, medicação, tratamentos estéticos entre outras. Mas é no estudo das funções inorgânicas que o estudante compreende que há diferentes teorias propostas no intuito de classificar substâncias como ácidas ou não.

Para Zapp (2012), a identificação de bases e ácidos já faz parte de nosso cotidiano, e se apresentam na ingestão de um antiácido para azia, na precipitação de chuvas ácidas ou mesmo nas áreas política e econômica, relacionando-se, neste caso, às grandes indústrias e os impactos ambientais por elas causados.

A palavra “ácido”, segundo Souza (2016), tem origem no latim *acere*, que significa “para ser azedo”, numa referência ao sabor dos ácidos presentes nos alimentos. Lima et al (2012) e Figueira (2010), apontam que a maioria dos estudantes associam ácidos a alimentos azedos e substâncias corrosivas.

As dificuldades no processo de aprendizagem dos conceitos de ácidos e bases são comuns a muitos estudantes. Em alguns casos, o próprio material disponibilizado, como o livro didático, pode apresentar em seus textos obstáculos à aprendizagem. Isso acontece porque o tema é abordado de maneira cumulativa,

sem o estudo da origem dessas teorias e do contexto que envolveu o desenvolvimento delas (SOUZA, 2016)

Segundo Figueira (2010), estudantes muitas vezes compreendem os ácidos como se fossem palavras, destacando que ácidos têm hidrogênio em sua fórmula ou esta começa com H. Não há o estabelecimento de relação entre as partículas formadoras do ácido e nem mesmo a compreensão de que os ácidos carboxílicos também podem ser classificados como ácido, visto que, na fórmula, a representação do hidrogênio encontra-se ao final. A mesma pesquisadora aponta, ainda, a dificuldade apresentada pelos estudantes para representar por meio de uma equação química o processo de ionização de um ácido, evidenciando que em muitos casos esses conceitos não foram assimilados na estrutura cognitiva dos alunos.

Para Munjal e Singh (2020), os ácidos são substâncias que apresentam sabor azedo e odor forte, são corrosivas e possuem pH inferior a 7, tornando o papel de tornassol azul em vermelho. Um ácido pode ser neutralizado por uma base ou hidróxido, produzindo sal e água, e reage com metais, produzindo hidrogênio gasoso.

A compreensão da força ácida pode ser ainda mais complexa, visto que a própria palavra “força” tem um significado diferente daquele apresentado na Mecânica. A força de um ácido está relacionada à intensidade ou ao valor de uma propriedade apresentada por este grupo (VICHI, 2008).

Para Munjal e Singh (2020), a força ácida é afetada pelos fatores abaixo relacionados:

Tabela 3 - Fatores que afetam a força ácida (Tabela do autor)

| Fatores que afetam a força ácida              | Explicação   |
|---|--|
| Polaridade da molécula e força da ligação H–A | Quanto maior a polaridade da molécula, mais a densidade eletrônica se afasta do núcleo do hidrogênio, facilitando sua conversão em H <sup>+</sup> (próton). Quanto maior a carga positiva do átomo de hidrogênio, mais fraca a ligação a ligação H–A, exigindo menos energia para seu rompimento.                                    |
| Eletronegatividade                            | Quanto mais eletronegativo for o átomo ao qual o hidrogênio está ligado, mais forte é o ácido. Por exemplo, o hidrogênio ligado ao oxigênio (EN = 3,5) é mais ácido que o hidrogênio ligado ao nitrogênio (EN = 3,0). A exceção é o ácido fluorídrico devido à intensidade das ligações de hidrogênio realizadas entre as moléculas. |

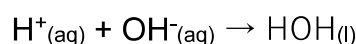
|         |   |
|---------|---|
| Tamanho | Quanto maior o raio do átomo "A", maior a força ácida, pois na medida em que o tamanho do átomo aumenta, a ligação torna-se mais fraca, tornando-se mais fácil quebrá-la. |
|---------|---|

### 3.3.1 - Ácido de Arrhenius

O primeiro conceito para ácido apresentado aos estudantes do ensino médio, geralmente, é aquele proposto por Svante Arrhenius, considerado um dos fundadores da físico-química. Para Munjal e Singh (2020), trata-se de uma teoria simples e útil.

Arrhenius fazia pesquisa em áreas diversas e iniciou suas pesquisas pelo estudo das soluções eletrolíticas, isto é, soluções condutoras de eletricidade. Por meio da análise dos resultados obtidos nos experimentos que por ele realizados, foi possível relacionar a força dos ácidos ao calor das reações de neutralização (SILVA, L. 2014).

O estudioso não enunciou tal conceito oficialmente, segundo L. Silva (2014), mas demonstrou que o processo de neutralização entre um ácido e uma base, em solução aquosa, pode ser representado por meio de uma equação fundamental que segue abaixo;



Por meio do estudo desta equação, considerando  $\text{H}^+$  como a forma simplificada dos cátions em solução, é possível constatar que ácidos são substâncias que, em solução aquosa, elevam a concentração de  $\text{H}^+$  (SILVA, L. 2014).

O íon  $\text{H}^+$ , também conhecido por próton, não é flutuante. Na realidade, este cátion combina-se com a molécula de água, formando o íon hidrônio ou hidroxônio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ). Por ser uma molécula polar, com pares de elétrons não compartilhados disponíveis, a água tem a capacidade de atrair o íon hidrogênio  $\text{H}^+$ . Os íons hidrônio são mais estáveis que os íons hidrogênio (MUNJAL E SINGH, 2020).'

Diante desta percepção, no ano de 1987, Arrhenius sugeriu que, em solução aquosa, ácidos, bases e sais poderiam ionizar/dissociar de forma espontânea, conduzindo eletricidade. Sua proposta foi embasada em dados experimentais, como

a condutividade elétrica apresentada por soluções ácidas, básicas e salinas (SOUZA, 2016).

Deste modo, a condutividade elétrica passa a ser compreendida como uma propriedade relacionada à condição iônica das espécies químicas presentes em solução aquosa. Relacionando a condutividade elétrica à ionização, Arrhenius também associou a força dos ácidos ao grau de ionização destes (SOUZA, 2016). A teoria proposta por Arrhenius possibilitou a compreensão de que as propriedades apresentadas por uma solução eletrolítica são resultantes da soma das propriedades dos íons em solução e não do composto químico dissolvido (SILVA, L. 2014).

Desde o século XVII já havia distinção entre ácidos fortes e fracos, porém, utilizando outros critérios, como o deslocamento de um ácido fraco de seu sal. Entretanto, o uso atual das classificações “fraco” e “forte” está fundamentado na relação da força ácida com o grau de ionização dos ácidos foi decorrente dos estudos de Arrhenius.

Em 1903, Arrhenius recebeu o prêmio Nobel de Química pelos serviços prestados para o avanço da química por meio da teoria de dissociação eletrolítica proposta (SILVA, 2014).

A teoria proposta por Arrhenius apresenta limitações, visto que exige a identificação dessas espécies em soluções aquosas e considera apenas o aumento da concentração do cátion  $H^+$  para a identificação de ácidos. Desta forma, é necessário que outras teorias, como as de Bronsted-Lowry e Lewis, sejam apresentadas aos estudantes do ensino médio. A teoria de Arrhenius, porém, atende adequadamente à proposta deste trabalho, de modo que outras teorias ácido-base não serão contempladas neste material.

#### 4. METODOLOGIA

Quanto à natureza, esta pesquisa é classificada como qualitativa, do tipo revisão bibliográfica, consistindo no estudo da literatura científica sobre os tópicos propostos e na análise de pesquisas já desenvolvidas na área.

A pesquisa qualitativa, segundo Gerhardt (2009), ocupa-se de aspectos da realidade cuja quantificação não é possível, focando na compreensão e explicação de relações sociais. Deste modo, os estudos qualitativos privilegiam os significados, motivações, crenças e valores, aspirações e atitudes. Esta pesquisa evidenciou tais aspectos qualitativos na área da educação.

Quanto aos objetivos, trata-se de pesquisa exploratória, visando aumentar a familiaridade com o tema em estudo e propor hipóteses para solução do problema, neste caso, propor uma sequência didática.

Quanto aos procedimentos, trata-se de uma pesquisa bibliográfica. Esta pesquisa foi realizada pelo levantamento de referências teóricas previamente analisadas e publicadas por meios físicos e eletrônicos, como trabalhos de conclusão de curso, artigos científicos, dissertações, páginas de web sites e livros. Esta pesquisa científica fundamenta-se unicamente na revisão bibliográfica, de modo que procurou-se referências teóricas publicadas com o objetivo de selecionar e analisar informações ou conhecimentos prévios sobre os assuntos abordados, visando encontrar resposta à questão problema. (GERHARDT, 2009)

As principais atividades desenvolvidas foram de identificação, seleção, análise, compilação, fichamento, interpretação e organização dos documentos estudados. O período dos artigos e trabalhos selecionados foi de 1996 a 2021, com ênfase nos estudos desenvolvidos entre 2006 a 2021.

Em primeiro lugar, foi realizada a revisão bibliográfica de produções científicas relacionadas à Pedagogia Montessoriana, inclusive, da obra literária de Maria Montessori. Utilizando a ferramenta Google Acadêmico, no período de maio a agosto de 2023, foram encontrados mais de 700 resultados para as palavras-chave “Pedagogia Montessoriana”. Acrescentando as palavras-chave “ensino médio”, apenas 166 resultados foram disponibilizados, mas em todos o termo “ensino médio” era utilizado sem associação à pedagogia. Substituindo as palavras “ensino médio” por “Química”, a pesquisa retornou apenas 80 resultados em que não havia conexão da pedagogia Montessoriana com a disciplina Química. A pesquisa também foi

realizada nos periódicos da CAPES por meio da CAFE – Comunidade Acadêmica Federada.

Procedimentos metodológicos semelhantes foram realizados para o estudo da experimentação investigativa e força dos ácidos. Foram utilizados seis estudos como referência para o tópico Pedagogia Montessoriana, cinco para o tópico experimentação investigativa e oito para o tópico referente à força dos ácidos.

Considerou-se para seleção e análise a abordagem dos autores em relação ao tema, apresentando questões históricas e relações com o processo educacional através dos tempos, especialmente nos dias atuais.

No processo de revisão das publicações, procurou-se identificar os aspectos mais relevantes em relação ao estudo da pedagogia Montessoriana, da experimentação investigativa e do objeto de conhecimento referente à força dos ácidos. Desta forma, os artigos foram classificados nos seguintes eixos, que deram origem aos tópicos apresentados no referencial teórico:

- 1) Maria Montessori, pioneira na proposta de protagonismo do estudante;
- 2) Experimentação Investigativa
- 3) Força dos ácidos

O primeiro eixo refere-se à história de Montessori, a pedagogia por ela proposta e seus princípios norteadores, os papéis do professor e do estudante dentro da perspectiva Montessoriana e o estudo de sua aplicação no Ensino Médio, ainda recente.

O segundo eixo apresenta os benefícios da experimentação investigativa, as condições para que uma atividade possa ser assim classificada e os papéis do professor e do estudante dentro dessa perspectiva.

Por fim, o terceiro eixo aborda o estudo de soluções eletrolíticas realizado por Arrhenius, resultando nos conceitos de ácidos, bases e sais atualmente apresentados aos alunos do Ensino Médio, bem como na compreensão da força dos ácidos.

A tabela 4, a seguir, apresenta a classificação das publicações estudadas nos eixos temáticos e seus principais dados:

Tabela 4 - Classificação do acervo em eixos temáticos (tabela do autor)

| Eixo temático   | Autor e Ano   |
|---|---|
| Maria Montessori, pioneira na proposta de protagonismo do estudante | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Barbosa, 2014</li> <li>- Figueiredo e Souza, 2021</li> <li>- I. Machado, 1980</li> <li>- M. Machado, 2015</li> <li>- Montessori, 2014</li> <li>- Röhrs, 2010</li> <li>- Rossi, 2015</li> <li>- Vilela, 2014</li> </ul> |
| Experimentação Investigativa  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mortimer, 1996</li> <li>- Mortimer, 2000</li> <li>- A. Silva, 2017</li> <li>- Souza, 2016</li> <li>- Suart, 2009</li> </ul>  |
| Força dos ácidos  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Figueira, 2010</li> <li>- Lima et al, 2012</li> <li>- Munjal e Singh, 2020</li> <li>- L. Silva, 2014</li> <li>- Souza, 2016</li> <li>- Zapp, 2012</li> <li>- Vichi, 2008</li> </ul>                                    |

Todas as publicações estavam disponibilizadas em meio eletrônico.

Ao final do estudo da literatura, foi desenvolvida uma sequência didática utilizando um simulador virtual e a proposta de um experimento com roteiro a ser desenvolvido em conjunto com os alunos. Foi realizada uma aplicação piloto, sem o objetivo de coletar dados, por não se tratar da proposta deste trabalho, mas apenas para verificação da aplicabilidade.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise da bibliografia, fica perceptível que, embora a Pedagogia Montessoriana tenha larga aplicação na Educação Infantil, há semelhanças entre os princípios propostos por Maria Montessori e as metodologias aplicadas ao ensino de Química no Ensino Médio, como a experimentação investigativa.

Os atores envolvidos no processo de ensino/aprendizagem, o ambiente e o material possuem significados na Pedagogia Montessoriana que vão ao encontro das propostas pedagógicas modernas, inspiradas na obra de Paulo Freire.

Verifica-se, também, a concordância da abordagem do tema força ácida e dos pressupostos da Pedagogia Montessoriana com as Competências Específicas 1 e 3 da área de Ciências da Natureza da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), quais sejam:

- Competência Específica 1: “Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.”
- Competência Específica 3: “Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).”

Como exemplo, uma das habilidades trabalhadas na competência 1 é a EM13CNT301, cuja descrição é “Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.” Tal competência, assim como as etapas do processo de aprendizagem propostas por Montessori, promovem o protagonismo do aluno e sua reflexão por meio das observações, desenvolvimento de hipóteses, reflexões diante dos erros e acertos e conclusões próprias na resolução de problemas. Além disso, a Pedagogia

Montessoriana não apresenta obstáculos para o desenvolvimento de habilidades por área, como a área de ciências da natureza, permitindo propostas de atividades interdisciplinares.

Nesta seção será realizada a discussão dessas convergências bem como a possibilidade de aplicação de uma sequência didática inspirada na literatura abordada no referencial teórico.

### **5.1 - O papel do professor**

O professor da Pedagogia Montessoriana aceita o papel de coadjuvante, tantas vezes destinado ao aluno no ensino tradicional. Ele divide seu espaço com o próprio ambiente e com o material disponibilizado no auxílio ao estudante no processo de construção de seu conhecimento.

Da mesma forma, o professor que busca aplicar a metodologia voltada para a experimentação investigativa precisa dar espaço para que o aluno interprete o problema proposto, crie suas próprias hipóteses e aplique adequadamente o material disponível no ambiente laboratorial.

São novas atitudes que se complementam e, em ambos os casos, há valorização desta nova forma de ensinar, com novas responsabilidades e posturas diante do desenvolvimento do estudante, por isso mesmo, trata-se de uma atuação que pode vir a exigir mais do profissional, visto que não se limita ao preparo de uma aula expositiva, onde o comportamento do aluno está sob seu controle e não há a preocupação em respeitar o momento e forma de aprendizado do estudante.

Enquanto o professor que aplica a Pedagogia Montessoriana deve observar e identificar as necessidades dos alunos, o professor que utiliza a experimentação investigativa como método de ensino deve incitar discussões, conduzir e estimular a participação e promover a reflexão. O profissional que alinha as duas propostas deve, portanto, ser atento e dinâmico, com domínio não do comportamento do aluno, mas do conteúdo, das habilidades a serem desenvolvidas e das oportunidades oferecidas à participação ativa do estudante, respondendo aos anseios e demandas destes.

Deste modo, o vínculo do professor com o aluno e sua importância no processo de aprendizagem não são diminuídos, uma vez que em ambas as

metodologias, o profissional continuará atuando na orientação, no planejamento, no monitoramento e na avaliação.

Vale ressaltar que o papel do professor passa a ser ainda mais nobre, visto que passa a atuar como um facilitador da libertação do estudante, segundo Freire e Montessori, conforme já relatado. Assim, a generosidade e a sensibilidade tornam-se características inerentes à profissão docente dentro da visão construtivista, influenciadora da experimentação investigativa, e também da visão montessoriana. O papel do professor é, portanto, dar destaque e abrilhantar o papel principal exercido pelo aluno, auxiliando-o a superar as inverdades do senso comum e a utilizar seus conhecimentos prévios.

Os obstáculos ao cumprimento deste papel é a forte influência do ensino tradicional nas escolas, a necessidade de preparar os estudantes para avaliações internas e externas que valorizam mais a memorização e o conteudismo que o desenvolvimento de habilidades e competências e, por fim, o uso de material didático que não favorece a construção do conhecimento e não respeita as individualidades.

## **5.2 - O papel do estudante**

O estudante da pedagogia montessoriana e aquele sujeito às práticas da experimentação investigativa desenvolve habilidades comuns, visto que o sujeito deve ser ativo, relacionar-se com o meio, observar, explorar, criar hipóteses para em seguida testá-las, errar, refletir, discutir e, por fim, concluir. Para tanto, o aluno deve contar com a disponibilização de materiais e condições adequadas, além da atenção do professor.

Inverte-se, assim, o foco da aprendizagem, visto que no ensino tradicional o professor detinha toda a atenção do grupo de alunos e estes eram forçados à compreensão do raciocínio do docente, em detrimento de sua própria linha de raciocínio.

A postura do estudante defronte ao ambiente, aos objetos e fenômenos é semelhante na pedagogia montessoriana e na experimentação investigativa, uma vez que o aluno busca seu aprendizado na exploração e na relação com o meio, tornando-se crítico diante dos resultados obtidos por suas tentativas de solucionar um problema.

Novamente, esses métodos diferem-se do ensino tradicional, no qual o estudante permanece passivo, imobilizado na carteira escolar, sem condições de investigar ou testar suas próprias hipóteses.

Os obstáculos ao desenvolvimento desse papel são a resistência apresentada pelo próprio aluno do Ensino Médio, muitas vezes moldado pelo ensino tradicional; a falta de atualização dos profissionais responsáveis pelo planejamento e aplicação da BNCC e pela escolha dos recursos e metodologias; e a pressão vivenciada diante da aproximação do ENEM e vestibulares.

### **5.3 - A importância do ambiente e dos materiais**

No ensino tradicional, o ambiente é padronizado, independente da disciplina lecionada, além de favorecer a passividade do aluno e não oportunizar o desenvolvimento de habilidades.

Já na pedagogia de Maria Montessori e no ensino construtivista, cujos princípios são aplicados na experimentação investigativa, o ambiente escolar contribui diretamente no processo de aprendizado. Assim como as salas de aula da Pedagogia Montessoriana, os laboratórios onde os experimentos investigativos acontecem precisam ser ambientes planejados, oferecendo infraestrutura e segurança aos estudantes, além de permitir a movimentação, atividade e interação com os colegas, o professor e os materiais.

Essa interação com os materiais é outro tópico apontado na literatura estudada. A seleção deve ser criteriosa, oportunizando experiências ricas na observação dos fenômenos científicos e na verificação das hipóteses.

A análise da referência bibliográfica indica que esse planejamento e seleção são realizados pelo professor, enquanto escolha do objeto dentre os disponibilizados para realização da atividade e interação deve partir do aluno.

Assim, o processo de construção do conhecimento realizado pelos estudantes carece de um conjunto de atores e recursos combinados de forma harmoniosa para favorecer o protagonismo dos alunos.

#### 5.4 - O elo com o construtivismo

A liberdade e autonomia são conceitos desenvolvidos tanto por meio da Pedagogia Montessoriana quanto na escola construtivista de Piaget. Por meio desta revisão bibliográfica, percebeu-se que ambos possuem semelhanças e visam o protagonismo do estudante.

Tabela 5 - Comparativo entre a Pedagogia Montessoriana e o Construtivismo (Tabela do autor)

|             | <b>Pedagogia Montessoriana</b>   | <b>Construtivismo</b>   |
|-------------|--|---|
| Estudante   | Participação ativa, interagindo com os materiais e ambientes.  | Participação ativa, utilizando seus conhecimentos prévios na construção de novos conceitos.                             |
| Professor   | Planejador/preparador do ambiente e aquele que seleciona os materiais para favorecer o aprendizado pela interação dos alunos com estes.  | Orientador do processo, levando o estudante a refletir sobre suas percepções.   |
| Aprendizado | Construído pela valorização da experiência e da análise dos erros e acertos pelo próprio estudante, que desenvolve hipóteses e as testa. | Construído pela valorização dos conhecimentos prévios, que permitem a elaboração de hipóteses e análise dos resultados. |

#### 5.5 - A proposta de sequência didática

Após a realização da revisão bibliográfica, foi proposta uma sequência didática com a finalidade de alinhar os princípios da Pedagogia Montessoriana à aplicação da experimentação investigativa no estudo da força dos ácidos.

Para elaboração dessa sequência, foi utilizado como recurso um simulador virtual. A seguir, foi apresentado um problema que, para ser resolvido, dependia da experimentação para verificação das possíveis soluções.

### 5.5.1 - A discussão inicial

No primeiro momento, o professor lança perguntas para que os alunos possam compartilhar entre si suas ideias iniciais sobre ácidos, visando desenvolver a compreensão sobre o conceito.

É nesta etapa que o professor deve se atentar às necessidades do estudante para fazer alterações no roteiro da simulação, se necessário. Na maioria das vezes, os alunos associam a força ácida à reatividade dos ácidos.

### 5.5.2 - O uso do simulador virtual

O simulador virtual é oferecido pela plataforma PHET. Esta plataforma é resultado de um projeto desenvolvido pela University of Colorado Boulder. O site disponibiliza recursos educacionais livres, isto é, de forma gratuita nas áreas de Química, Física, Biologia, Ciências da Terra e Matemática.

A simulação utilizada foi a “Soluções ácido-base”, disponível no link [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/acid-base-solutions](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/acid-base-solutions). O site disponibiliza alguns roteiros prontos, entretanto, foi desenvolvido um roteiro, especificamente, para essa sequência didática.

A simulação permite relacionar a força de um ácido de acordo considerando sua dissociação à água por meio da identificação de moléculas e íons em solução com coloração diferente como nas Figuras 1 e 2. Outros recursos que permitem a diferenciação de um ácido fraco e um ácido forte são a variação do pH (Figuras 5 e 6) e a alteração da intensidade do brilho de uma lâmpada conectada ao circuito (Figuras 1, fraco, e 2, forte). É possível interferir nas configurações das concentrações de moléculas e íons entre soluções de ácido fraco e forte, permitindo observar e descrever as semelhanças e diferenças entre ácidos fortes e fracos.

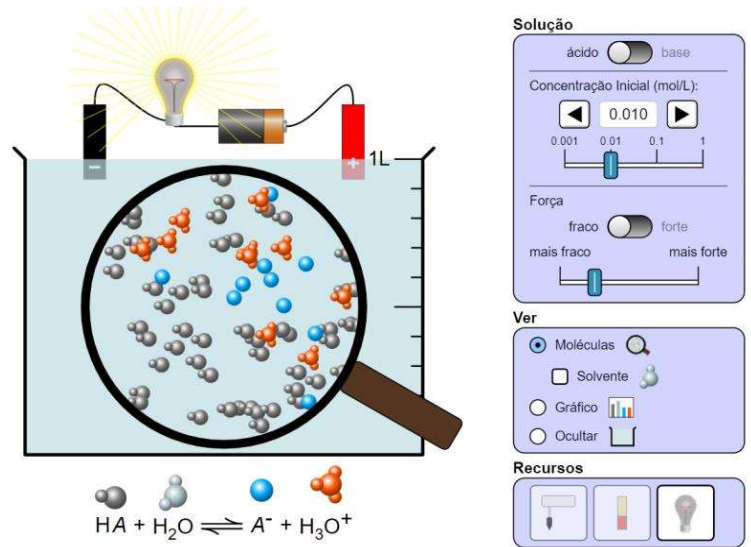
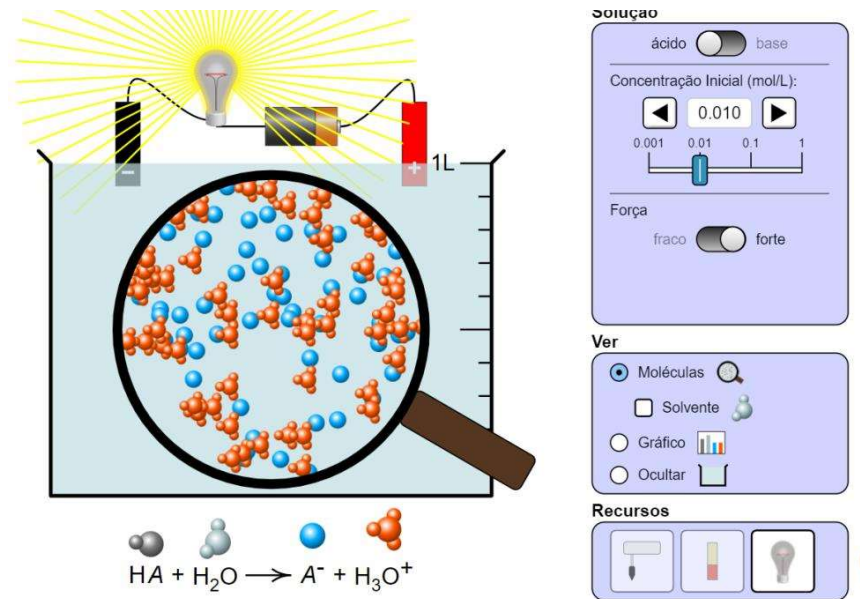


Figura 1 - Condutividade Elétrica em solução de ácido fraco  
Fonte: Phet

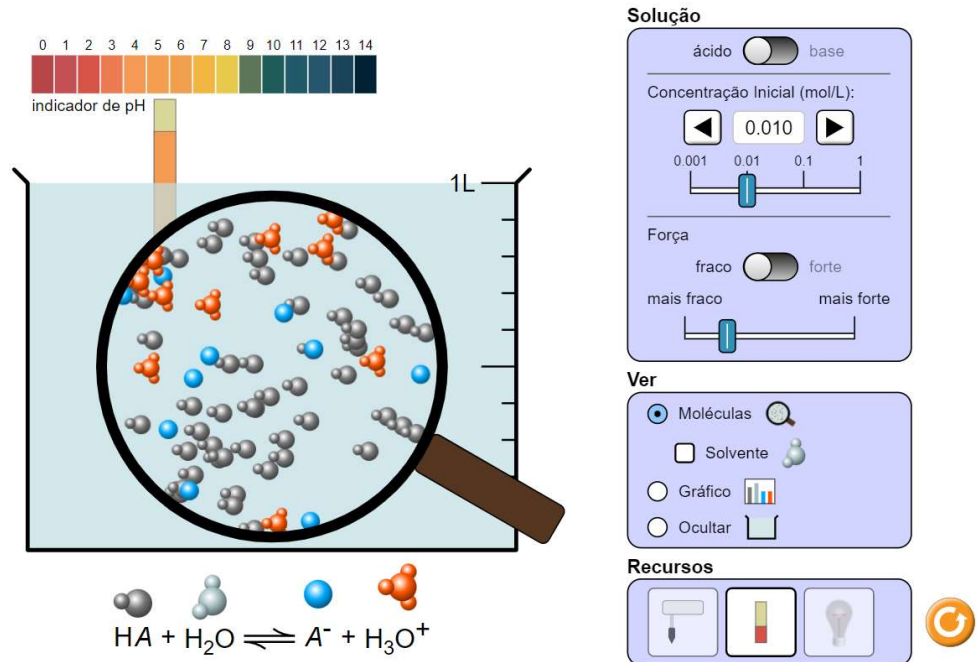
Figura 2 - Condutividade elétrica em solução de ácido forte



Fonte: Phet

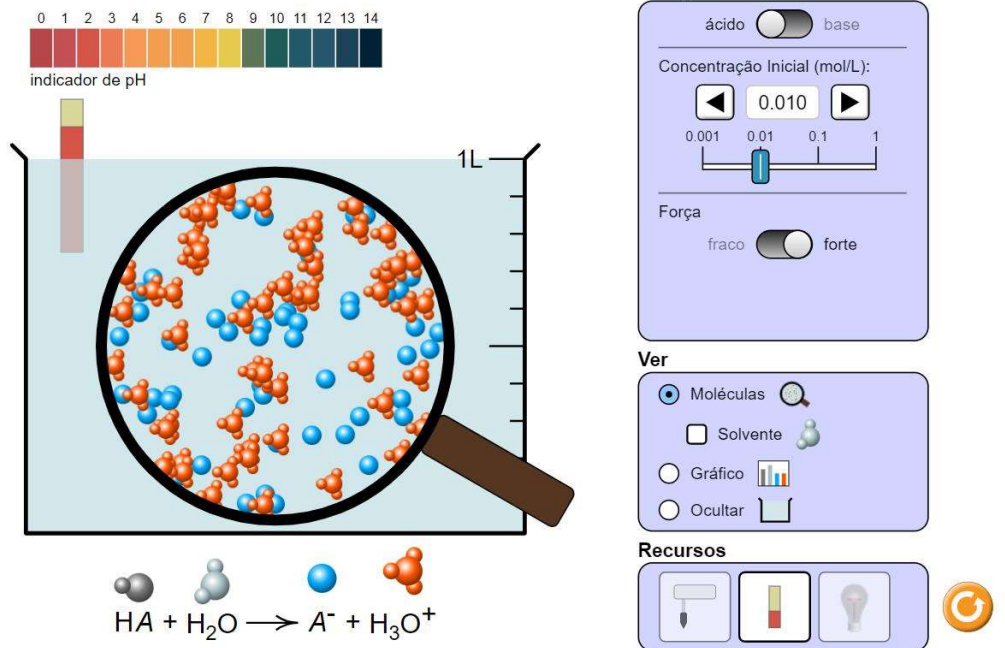
A força ácida pode ser avaliada de acordo com a escala de pH, visto que é uma medida relacionada à concentração de íons  $H^+$  em solução, logo, relacionada à ionização (Figuras 3 e 4).

Figura 3 - Medida de pH com fita em solução de ácido fraco



Fonte: Phet

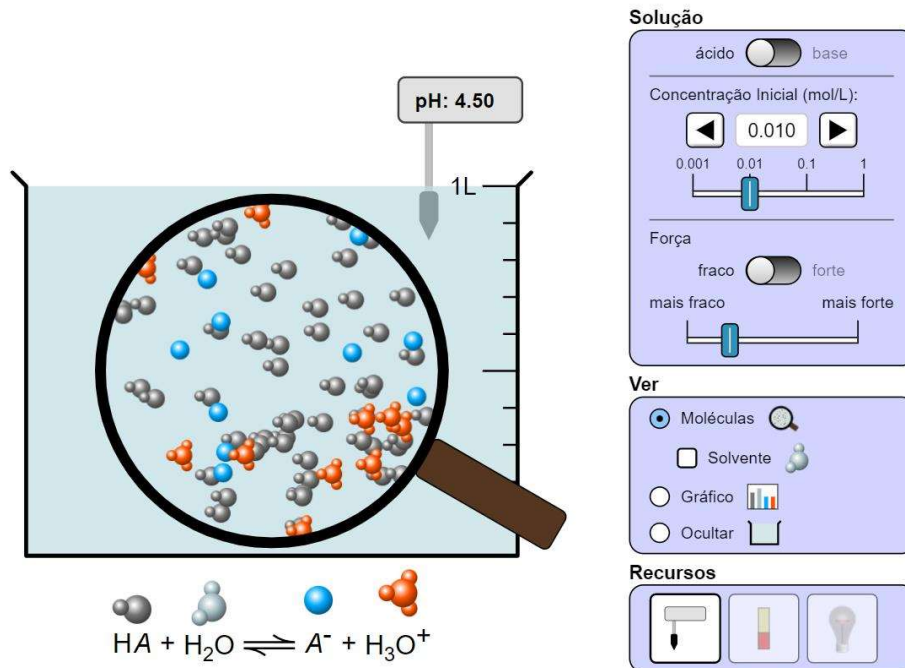
Figura 4 - Medida de pH com fita em solução de ácido forte



Fonte: Phet

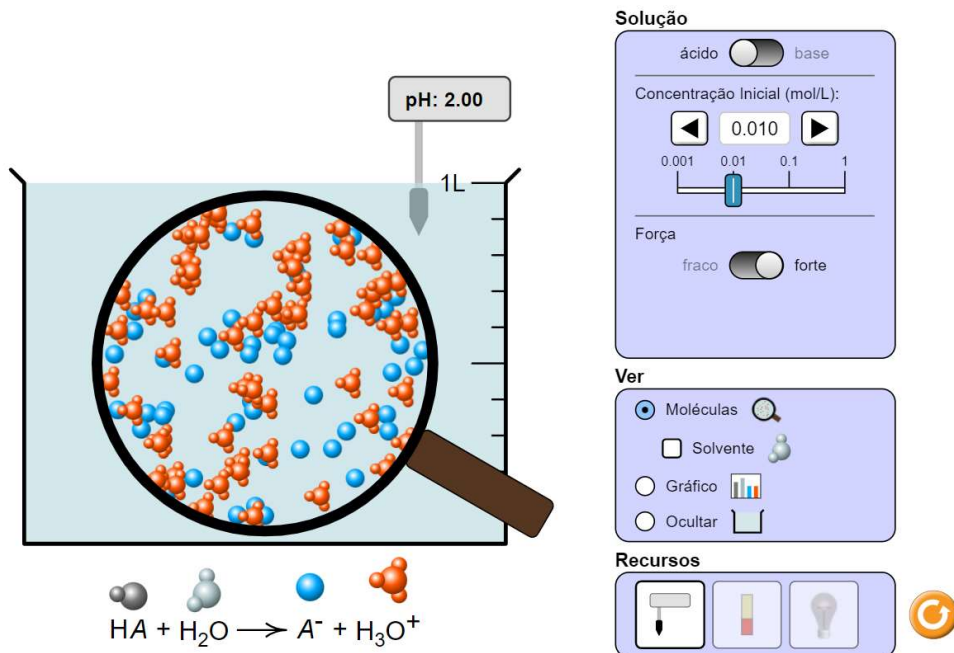
Assim como no cotidiano do laboratório, a força ácida pode ser medida também por meio do uso de um pHmetro (Figuras 5 e 6).

Figura 5 - Medida de pH com pHmetro em solução de ácido fraco



Fonte: Phet

Figura 6 - Medida de pH com pHmetro em solução de ácido forte



Fonte: Phet

A elaboração do roteiro tem como objetivo preparar o estudante para a fase experimental. Tal medida vai ao encontro da proposta da Pedagogia Montessoriana,

visto que o planejamento e o preparo são fundamentais para o sucesso da atividade proposta, pois garantem os pré-requisitos que permitem a liberdade do estudante em sua execução.

Considerando também as etapas da experimentação investigativa propostas por Tamir e apresentadas neste trabalho, deve haver uma base teórica prévia informadora e orientadora sustentando a análise dos resultados. A teoria previamente estudada, a discussão e a execução do roteiro cumprem essa função, garantindo as condições necessárias para que o estudante tenha autonomia na execução, verificação de hipóteses e análise dos resultados da experimentação.

O roteiro apresenta algumas estratégias para a verificação da força dos ácidos e os resultados são observados pela variação do número de moléculas que se apresentam ionizadas na imagem ampliada da solução (Fig. 7).

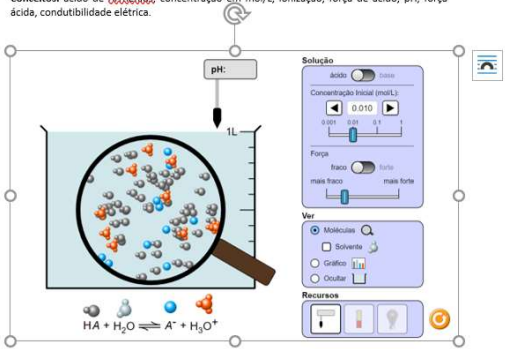
Figura 7 - Roteiro para uso do simulador

**Roteiro: Uso do Simulador PHET**  
Disponível em:

**Objetivos:**

- Verificar a relação entre a concentração dos ácidos e a concentração de H<sup>+</sup> em solução
- Verificar a relação entre o grau de ionização e a condutibilidade elétrica
- Determinar a diferença entre ácidos fortes e fracos

**Conceitos:** ácido de Arrhenius, concentração em mol/L, ionização, força de ácido, pH, força ácida, condutibilidade elétrica.



**Procedimento 1 – Relação da concentração e do valor do pH numa solução de ácido fraco**

- 1) Coloque o sensor do pHmetro na solução
- 2) Anote o valor inicial do pH
- 3) Mantenha o botão de força do ácido no **fraco**
- 4) Anote a concentração inicial do ácido
- 5) Aumente a concentração do ácido para 0,1 mol/l
- 6) Anote o novo valor do pH
- 7) **Verifique** a relação entre o aumento de concentração e o valor de pH

**Procedimento 2 – Relação da concentração e do valor do pH numa solução de ácido forte**

- 8) Reinicie a simulação
- 9) Coloque o sensor do pHmetro na solução
- 10) Anote o valor inicial do pH
- 11) Altere o botão de força do ácido para **forte**
- 12) Anote a concentração inicial do ácido
- 13) Aumente a concentração do ácido para 0,1 mol/l
- 14) Anote o novo valor do PH
- 15) **Verifique** a relação entre o aumento de concentração e o valor de pH

**Procedimento 3 – Ácido Fraco x Ácido Forte**

- 16) Alternando a chave fraco/forte, **compare** o estado final das soluções de ácido fraco e de ácido forte quanto à ionização. Registre suas observações.
- 17) **Explique** a diferença entre ácidos fortes e ácidos fracos.
- 18) No menu "Recursos", selecione o ícone da lâmpada.
- 19) Arraste os eletrodos para o solução.
- 20) Mantendo a concentração em 0,1 mol/L, **observe** a variação do brilho da lâmpada na presença de ácido fraco e ácido forte. Registre suas observações.

**Discussão**

- Todos os ácidos fortes apresentam-se completamente ionizados em solução?
- Todos os ácidos fracos apresentam-se parcialmente ionizados em solução?
- Qual a condição necessária para a condução de eletricidade? Podemos comprová-la?

- Retome suas anotações referentes aos procedimentos 1 e 3 e, utilizando a mesma propriedade, elabore o roteiro de um experimento para verificar o grau de ionização de diferentes substâncias utilizadas em casa.

Fonte: Imagem do autor

### 5.5.3 - A experimentação investigativa da força dos ácidos

Ao final da atividade proposta no roteiro para uso do simulador, os alunos são desafiados a desenvolver uma prática que pode ser posteriormente realizada. Esta

sequência propõe a solução do seguinte problema: supondo que algum familiar tenha restrição ao consumo de ácidos devido a problemas estomacais, como podemos verificar a força dos ácidos presentes em nosso cotidiano? Propõe-se, então, como desafio, o desenvolvimento de uma escala de força ácida que permita uma verificação macroscópica.

Para tanto, o professor deve disponibilizar um kit de materiais (Fig. 8) que permita a experimentação. O kit proposto é o seguinte:

- 1 Lâmpara Led (4,5 V)
- Fio com ponta desencapada
- 3 pilhas AAA (1,5 V)
- Fita isolante
- Vinagre
- Limão
- Coca-cola
- Solução com eletrólito forte
- Potes de iogurte

Figura 8 - Kit de materiais para experimentação



Fonte: Imagem do autor

É importante garantir ao estudante a possibilidade de substituir qualquer dos itens ou alterar alguma das etapas do procedimento. A lâmpada led, por exemplo, pode ser substituída por lâmpadas de pisca-pisca, que muitos estudantes e professores já têm em casa. Já a fita isolante garante a interação entre as pilhas na

montagem, mas pode ser dispensada caso haja disponível. Além da ampla variedade de produtos ácidos disponíveis. Em relação ao procedimento, o próprio estudante pode verificar o número de pilhas necessárias para acender a lâmpada. Outra variação possível é a associação do experimento à eletroquímica, utilizando pilhas de batata ou limão, tendo o circuito fechado pela passagem na solução ácida. É possível, também, realizar a investigação da força ácida e desenvolver uma escala utilizando, assim como na simulação, indicadores de pH, como o suco do repolho roxo.

Após a realização da aplicação piloto, foram obtidos resultados que permitem comparar a condutividade e a ionização dos ácidos avaliados.

Para a aplicação piloto, foram utilizados apenas alguns ácidos, mas na aplicação em sala de aula, os próprios alunos podem escolher as substâncias ácidas utilizadas em casa para comparação.

Essa liberdade de escolha faz com que o estudante compare os resultados obtidos também com a aplicação de cada produto.

Figura 9 - Resultado da aplicação piloto



Fonte: Imagem do autor

Por meio da análise dos resultados, o estudante pode perceber quais substâncias do cotidiano são mais ácidas em comparação com os padrões utilizados, conforme observado na Figura 9. Neste caso, foi utilizada uma substância iônica de caráter neutro como referência para maior ionização, o cloreto de sódio.

A aplicação piloto indicou que o uso do simulador previamente à realização do experimento deu maior segurança ao estudante no desenvolvimento de hipóteses. Além disso, a compreensão do fenômeno observado e explorado pelo estudante no experimento foi ampliada visto que conhecia o modelo apresentado na simulação.

O fato de poder testar substâncias utilizadas em seu cotidiano despertou maior interesse e curiosidade, tornando natural a assimilação do conceito de ácido de Arrhenius e a classificação em ácidos forte ou fraco.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A classificação de uma substância como ácida pelo senso comum pode atender a alguns critérios estabelecidos pela Química, mas, algumas vezes, percebe-se que ocorrem equívocos por parte dos estudantes, principalmente na classificação de ácidos em relação à sua força.

A proposta de estudo dos ácidos em muitos materiais didáticos privilegia o estudo da nomenclatura e de conceitos relacionados à ionização que parecem distantes do dia a dia do estudante.

De acordo com os resultados discutidos anteriormente, conclui-se que é possível associar princípios da Pedagogia Montessoriana à experimentação investigativa aplicada ao Ensino Médio para auxiliar o estudante na construção do conhecimento, favorecendo a aproximação de modelos e teoria com a realidade macroscópica.

O estudo permitiu compreender que as responsabilidades assumidas pelos personagens envolvidos no processo de aprendizagem diferem daquelas impostas a eles no ensino tradicional.

O professor precisa dedicar-se ao planejamento das atividades, ao preparo do ambiente, à escolha adequada do material, à observação do estudante, às intervenções a ele solicitadas e à orientação complementar.

O ambiente e os materiais devem corresponder às habilidades que se espera que o estudante desenvolva, permitindo a interação e variação dos recursos. Diferente do ensino tradicional, a atividade, a manifestação, a tomada de decisão e a interferência do aluno deve ser favorecida.

O estudante deve deixar a postura passiva para tornar-se um explorador e pesquisador ao mesmo tempo em que todo esse conjunto lhe garante a autonomia necessária para tal.

Deste modo, para alcançar bons resultados, é necessário preparar adequadamente o ambiente, selecionar os materiais que ficarão à disposição do aluno, orientar o desenvolvimento da atividade e garantir a liberdade do estudante para realizar alterações, testar suas hipóteses, perceber erros e acertos, refletir e concluir.

Espera-se, com o desenvolvimento desta sequência didática, auxiliar docentes no favorecimento ao protagonismo do estudante e no desenvolvimento de

seu papel como orientador. Além disso, fundamentado na Pedagogia Montessoriana, a proposta de sequência didática aqui apresentada oferece a liberdade necessária para valorizar o conhecimento prévio do estudante e sua interação com o ambiente, tratando-se de uma proposta passível de sofrer adaptações conforme o perfil dos alunos.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Anaquel Gonçalves. **A importância da contextualização na prática pedagógica.** Research, Society and Development, v. 8, n. 11, p. 488111472, 2019.
- AZEVEDO, Maria Cristina P. Stella de. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula.** In.: CARVALHO, A. M. P. (org.). Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Thomson, 2004. p. 19-33.
- BARBOSA, Edite. **Montessori no Ensino Médio: Uma experiência chilena.** In, 2014. Direcional Educador, Edição 113, p. 12-13
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Base Nacional Comum Curricular: Ciências da Natureza e suas Tecnologias.** Brasília: MEC, 2018.
- CAPECCHI, Maria Candida Varone de Moraes; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Aspectos da cultura científica numa atividade de laboratório aberto de física.** Física, comunicação e cultura: anais, 2004
- DE CÁSSIA SUART, Rita; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro. **A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química.** Ciências & Cognição, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.
- DE SOUZA, Cleuzane Ramalho. **Indicadores ácido e base: um ensino por investigação.** 2016.
- FIGUEIRA, Angela Carine Moura et al. **Investigando as concepções dos estudantes do ensino fundamental ao superior sobre ácidos e bases.** 2010.
- FIGUEIREDO, Leonardo Henrique Franco de; SOUSA, Rafael Rossi. **Ambientes de aprendizagem para além do espaço: desenvolvimento, implicações, perspectivas e o método montessoriano.** Revista Educação Pública, v. 21, nº 36, 28 de setembro de 2021. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/36/ambientes-de-aprendizagem-para-alem-do-espaco-desenvolvimento-implicacoes-perspectivas-e-o-metodo-montessoriano>
- GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (Org.). **Métodos de pesquisa.** Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6ed.- São Paulo: Atlas, 2008. ISBN 978-85-224-5142-5
- LIMA, Claudiane Lima; DE MELO CUNHA, Maria Bernadete; SILVA, José Luis PB. **Ácidos e Bases: uma perspectiva Histórica.** XVI ENEQ/X EDUQUI-ISSN: 2179-5355, 2012.

MACHADO, Izaltina de Lourdes. **Educação Montessori: de um homem novo para um mundo novo**. São Paulo: Pioneira, 1980.

MACHADO, Maiara Vieira. **Processo de alfabetização que utiliza como concepção pedagógica os pressupostos de Montessori**. EDUCERE XII Congresso Nacional de Educação, 2015. Disponível em: [https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/17188\\_7422.pdf](https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/17188_7422.pdf)>. Acesso em: mar. 2022.

MORTIMER, Eduardo Fleury. **Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos**. *Investigações em ensino de ciências*, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta; ROMANELLI, Lilavate Izapovitz. **A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos**. *Química Nova*, v. 23, p. 273-283, 2000.

MONTESSORI, Maria, 1870-1952. **Para educar o potencial humano** (livro eletrônico)/Maria Montessori; tradução: Mirian Santini; consultoria e revisão da tradução: Sonia Maria Alvarenga Braga. - Campinas, SP: Papyrus. 2014.

MUNJAL, Shikha; SINGH, Aakash. **The Arrhenius Acid and Base Theory**. In: **Corrosion**. IntechOpen, 2020.

OLIVEIRA, K. R.; VIVIANI, Luciana Maria. **Livros de ciências e atividades práticas: concepções e referências a diferentes áreas do conhecimento**. VIII ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências); I CIEC (Congreso Iberoamericano de Investigación em Enseñanza de las Ciencias), 2012.

RÖHRS, Hermann. **Maria Montessori**. Fundação Joaquim Nabuco. Recife: Editora Massangana, 2010. 142 p. (Coleção educadores).

ROSSI, Aline dos Santos. **Diálogos de uma educação libertadora: de Montessori a Paulo Freire**. 2015.

SANTANA, Caroline Honório de et al. **As Contribuições de Maria Montessori e Paulo Freire para a educação nos TCCs de Pedagogia da região da grande Florianópolis**. 2020.

SILVA, Alexandre Abraão Muriana da et al. **O ensino por investigação em laboratório aberto como proposta didática no ensino de eletrodinâmica**. 2017.

SILVA, Leonardo A. et al. **Obstáculos epistemológicos no ensino-aprendizagem de química geral e inorgânica no ensino superior: resgate da definição ácido-base de Arrhenius e crítica ao ensino das “funções inorgânicas”**. *Química nova na escola*, v. 36, n. 4, p. 261-268, 2014.

VICHI, Eduardo JS; CHAGAS, Aécio Pereira. **Sobre a força de ácidos e bases: algumas considerações**. *Química Nova*, v. 31, p. 1591-1594, 2008.

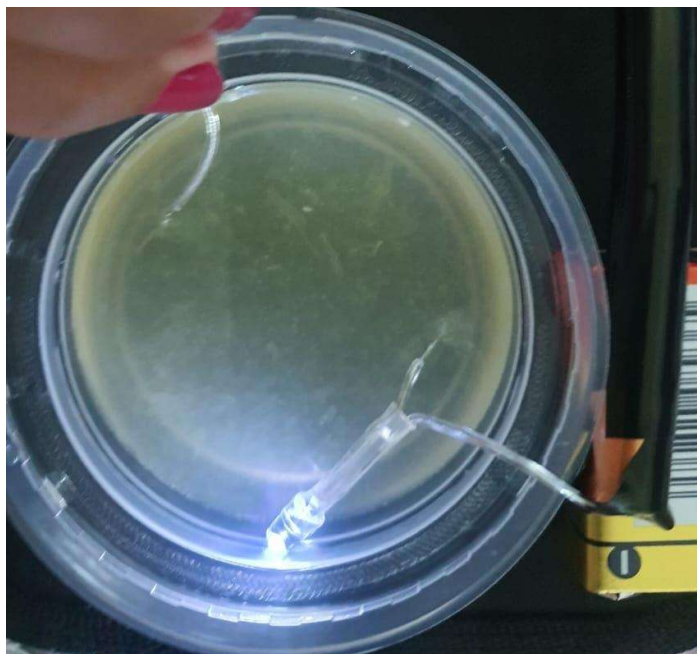
VILELA, Silvio Henrique. **Maria Montessori: O caminho dos sentidos**. *Revista Teias*, v. 15, n. 38, p. 32-46, 2014.

ZAPP, Eduardo et al. **Estudo de Ácidos e Bases e o Desenvolvimento de um Experimento sobre a “Força” dos Ácidos.** Química Nova na Escola, v. 37, n. 4, p. 278-284, 2015.

**APÊNDICE A – Produto Educacional****PRODUTO EDUCACIONAL**

**Sequência Didática de Ensino de Força Ácida por meio da experimentação investigativa fundamentada nos pressupostos de Maria Montessori**

**KIT DE MATERIAIS PARA ATIVIDADE EXPERIMENTAL E SIMULAÇÃO PARA O ENSINO DE FORÇA ÁCIDA**



**GIANE APARECIDA ANDRADE FONTES**

Contato: [gianefontes@gmail.com](mailto:gianefontes@gmail.com)

## SUMÁRIO

|                                 | Página |
|---------------------------------|--------|
| 1 – INTRODUÇÃO                  | 1      |
| 2 – OBJETIVOS                   | 3      |
| 3 - CONCEITOS DESENVOLVIDOS     | 6      |
| 4 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 8      |
| 5 - RECURSOS DIDÁTICOS          | 16     |
| 6 - AVALIAÇÃO                   | 17     |

## 1 - INTRODUÇÃO

A sequência didática apresentada a seguir é um produto final da dissertação intitulada “Experimentação Investigativa da Força Ácida: proposta didática com concepção pedagógica fundamentada nos pressupostos de Maria Montessori”, do Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), oferecido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV-MG) e concluído no primeiro semestre de 2023.

O favorecimento da autonomia e da liberdade do estudante já despertava meu interesse desde a graduação em Licenciatura em Química e, posteriormente, era um dos objetivos no dia a dia em sala de aula. Mesmo durante o Ensino Médio, tive uma formação que destoava do ensino tradicional, estudando Química em um laboratório ao invés de uma sala de aula, com a turma organizada em grupos e realizando experimentos investigativos propostos numa apostila desenvolvida pelo Professor Eduardo Fleury Mortimer e pela Professora Andrea Horta Machado, que ministrava as aulas no Coltec (UFMG). Quando pisei na sala de aula como docente, tinha a certeza de que este era um caminho adequado para auxiliar os alunos na construção do conhecimento. Mas foi por meio do estudo da Pedagogia Montessoriana que compreendi que a experimentação investigativa poderia conceder maior autonomia ao estudante, permitindo seus sucessos e insucessos e dando a ele a oportunidade de aprender com seus erros e seus acertos.

O tema “Força Ácida” foi escolhido por ser abordado nos três anos do Ensino Médio, em diferentes áreas da Química. No 1º ano, quando prevalece o ensino da Química Geral, o assunto é discutido no estudo das funções inorgânicas. Já no 2º ano, período dedicado à físico-química, o estudo da força ácida é necessário para a compreensão dos valores de pH em soluções de ácidos fracos e do equilíbrio químico em tais soluções. Por fim, no 3º ano, além do revisional referente aos conteúdos ministrados nos anos anteriores, o tema volta a ser abordado no estudo do caráter ácido dos compostos orgânicos.

A discussão desse tema, abordando o conceito de ácido proposto por Arrhenius, considerando, portanto, a concentração de íons  $H^+$  em solução, é importante para desconstruir barreiras do senso comum e abrir caminho para o estudo de pH das soluções. Além disso, o assunto está inserido no cotidiano do estudante, visto que está em contato com substâncias ácidas presentes em sua

alimentação, em produtos para remoção de resíduos, baterias de carros e mesmo em seu próprio organismo. Deste modo, trata-se de um assunto que vai ao encontro do currículo do estudante de Ensino Médio, sustentando conceitos relacionados à objetos de conhecimento mais complexos e sendo fundamental para a compreensão de processos bioquímicos e fenômenos do cotidiano.

Os roteiros da simulação e do experimento possuem caráter investigativo e estão fundamentados nos pressupostos de Maria Montessori. O objetivo desta associação é proporcionar ao aluno a oportunidade de aprender por meio de seus questionamentos, escolhas e propostas, explorando o material e construindo o aprendizado. O desenvolvimento do material vai ao encontro, também, da Base Nacional Comum Curricular.

A experimentação investigativa permite a introdução e exploração de conceitos, indo além da simples verificação e ilustração destes. A informação direta da teoria abre espaço à discussão e proposição, pela utilização da análise de dados experimentais para a derivação de conceitos.

A pedagogia Montessoriana contribui para que a percepção do aluno seja valorizada, para que o aluno possa ser o protagonista do processo de aprendizagem, tendo liberdade, controle e domínio para construção do conhecimento.

Faço votos de que esse material possa ser um auxílio no desenvolvimento do tema em sala de aula, contribuindo com o docente em sua tarefa de dar o protagonismo ao aluno.

## **2 – OBJETIVOS**

### **2.1 – Objetivo Geral**

Aplicar uma sequência didática para o estudo da Força dos Ácidos sob a ótica construtivista e o apoio da pedagogia montessoriana.

### **2.2. – Objetivos Específicos**

- Auxiliar o estudante na identificação de substâncias ácidas em seu cotidiano;
- Conceituar substâncias ácidas segundo Arrhenius
- Estudar as propriedades das substâncias ácidas
- Verificar experimentalmente a força de ácidos do cotidiano do estudante
- Comparar a força de ácidos de sabor azedo mais acentuado com outras substâncias ácidas
- Proporcionar ao estudante a visualização do processo de ionização de um ácido utilizando a interface de um simulador virtual
- Propor a utilização de um kit de materiais de fácil acesso como referência.

### **3- CONCEITOS DESENVOLVIDOS**

- Soluções eletrolíticas;
- Ácido de Arrhenius;
- Potencial Hidrogeniônico;
- Concentração de soluções.

## 4 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Para elaboração dessa sequência, foi utilizado como recurso um simulador virtual. A seguir, foi apresentado um problema, que para ser resolvido dependia da experimentação para verificação das possíveis soluções.

### 4.1 - 1ª Etapa - Discussão inicial

No primeiro momento, o professor lança perguntas para que os alunos possam compartilhar entre si suas ideias iniciais sobre ácidos, visando desenvolver a compreensão do estudante sobre o conceito e valorizando seu conhecimento prévio.

É nesta etapa que o professor deve se atentar às necessidades do estudante para fazer alterações no roteiro da simulação, se necessário. Na maioria das vezes, os alunos associam a força ácida à reatividade dos ácidos.

Perguntas propostas:

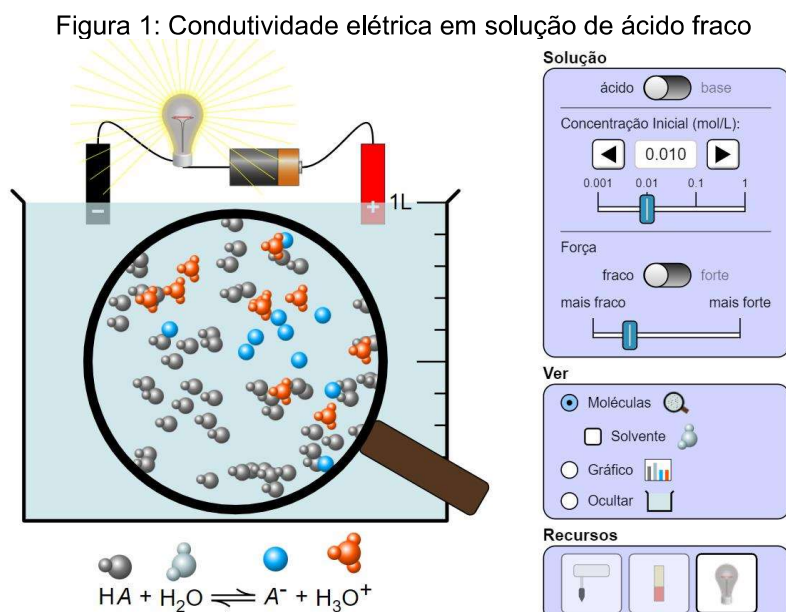
- 1) Quais substâncias encontradas na cozinha vocês consideram que podem ser classificadas como substâncias ácidas? Qual a característica que elas tem em comum?
- 2) Sempre podemos verificar se uma substância é ácida por seu sabor?
- 3) E em outros ambientes? Como identificar um ácido?
- 4) Qual característica um ácido deve ter para ser considerado forte?
- 5) Apenas ácidos são corrosivos?
- 6) Como uma pessoa que sofre com gastrite ou úlcera gástrica poderia identificar alimentos ácidos em casa? Seria possível determinar qual o mais ácido? Como você desenvolveria uma escala de força ácida?

## 4.2 - 2ª Etapa - O uso do simulador virtual

O simulador virtual é oferecido pela plataforma PHET. Esta plataforma é resultado de um projeto desenvolvido pela University of Colorado Boulder. O site disponibiliza recursos educacionais livres, isto é, de forma gratuita nas áreas de Química, Física, Biologia, Ciências da Terra e Matemática.

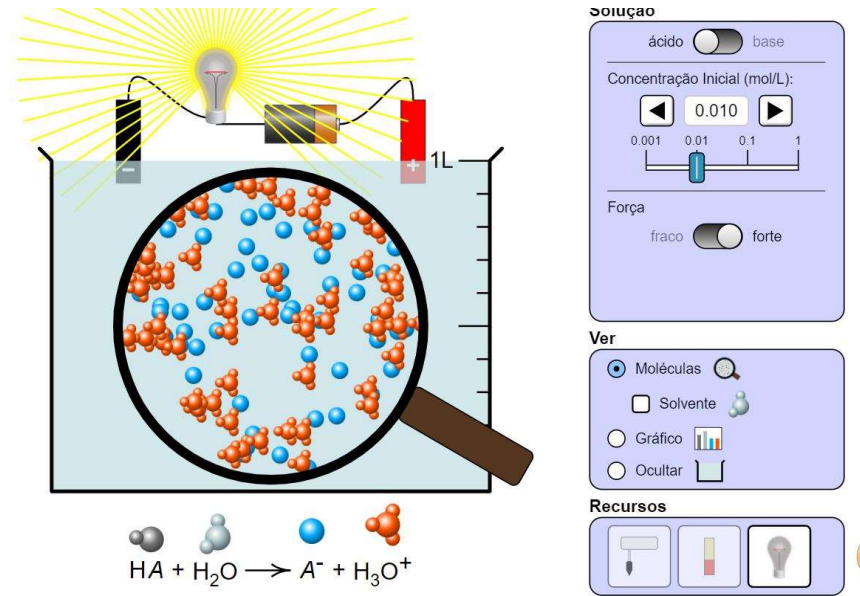
A simulação utilizada foi a “Soluções ácido-base”, disponível no link [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/acid-base-solutions](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/acid-base-solutions) (acesso em 14/06/22). O site disponibiliza alguns roteiros prontos, entretanto, foi desenvolvido um roteiro, especificamente, para essa sequência didática.

A simulação permite relacionar a força de um ácido de acordo com sua dissociação à água por meio da identificação de moléculas e os íons em solução com coloração diferente e pela variação do pH ou da intensidade do brilho de uma lâmpada conectada ao circuito. É possível interferir nas configurações das concentrações de moléculas e íons entre soluções de ácido fraco e forte, permitindo observar e descrever as semelhanças e diferenças entre ácidos fortes e fracos.



Fonte: Phet

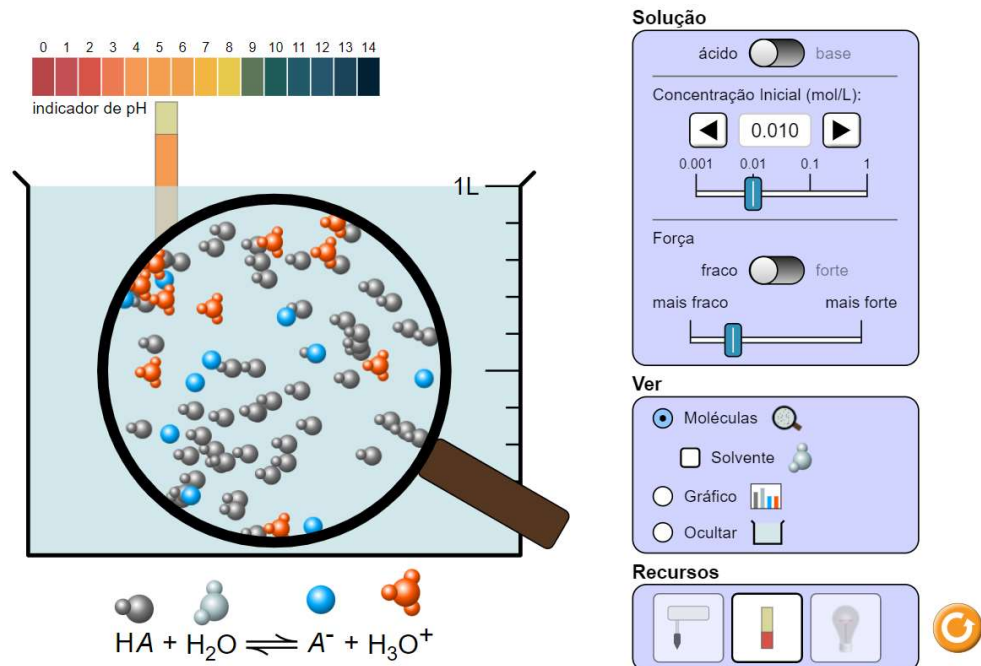
Figura 2: Condutividade elétrica em solução de ácido forte



Fonte: Phet

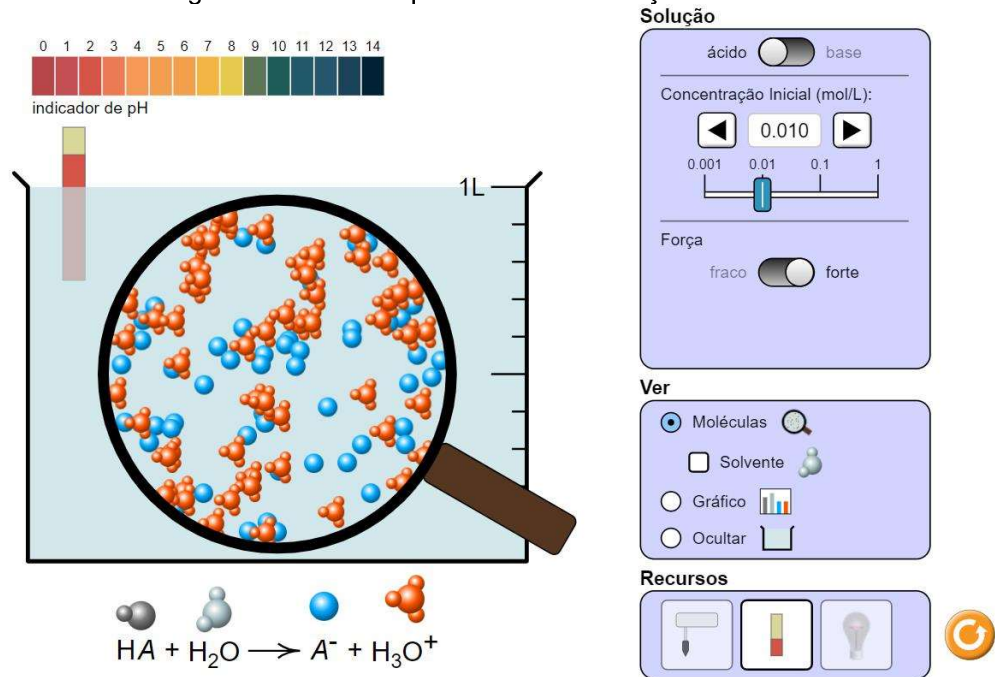
A força ácida pode ser avaliada de acordo com a escala de pH, visto que é uma medida relacionada à concentração de íons  $H^+$  em solução, logo, relacionada à ionização.

Figura 3: Medida de pH com fita em solução de ácido forte



Fonte: Phet

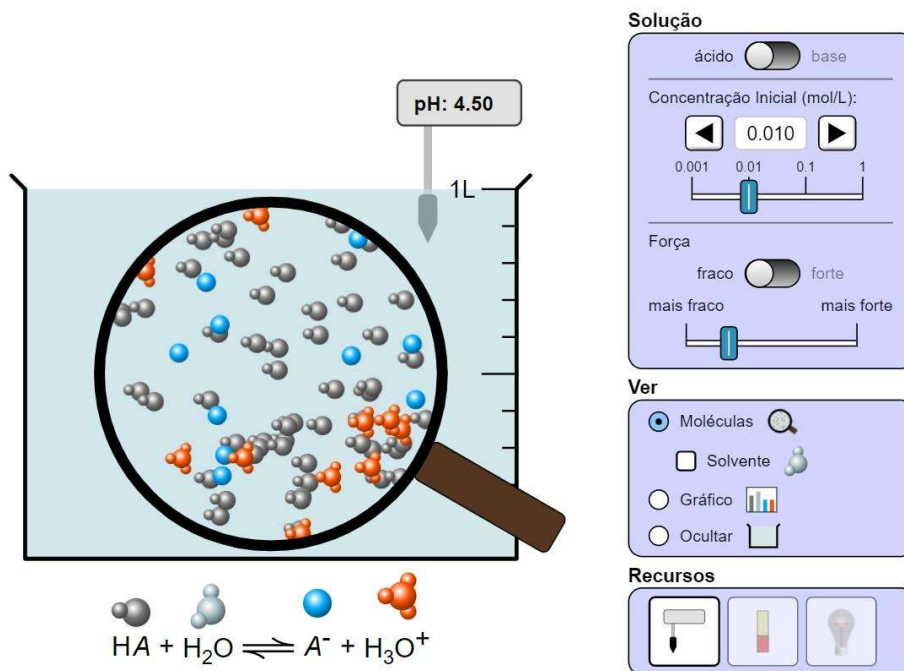
Figura 4: Medida de pH com fita em solução de ácido forte



Fonte: Phet

Assim como no cotidiano do laboratório, a força ácida pode ser medida também por meio do uso de um pHmetro.

Figura 5: Medida de pH com pHmetro em solução de ácido forte



Fonte: Phet

Figura 6: Medida de pH com pHmetro em solução de ácido forte

$$\text{HA} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{A}^- + \text{H}_3\text{O}^+$$

Fonte: Phet

A elaboração do roteiro tem como objetivo preparar o estudante para a fase experimental. Tal medida vai ao encontro da proposta da Pedagogia Montessoriana, visto que o planejamento e o preparo são fundamentais para o sucesso da atividade proposta, pois garantem os pré-requisitos que permitem a liberdade do estudante em sua execução.

Considerando também as etapas da experimentação investigativa propostas por Tamir e apresentadas neste trabalho, deve haver uma base teórica prévia informadora e orientadora sustentando a análise dos resultados. A teoria previamente estudada, a discussão e a execução do roteiro cumprem essa função, garantindo as condições necessárias para que o estudante tenha autonomia na execução, verificação de hipóteses e análise dos resultados da experimentação.

O roteiro apresenta algumas estratégias para a verificação da força dos ácidos e os resultados são observados pela variação do número de moléculas que se apresentam ionizadas na imagem ampliada da solução.

## 4. 2.1 - ROTEIRO: USO DO SIMULADOR PHET

Disponível em: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/acid-base-solutions>

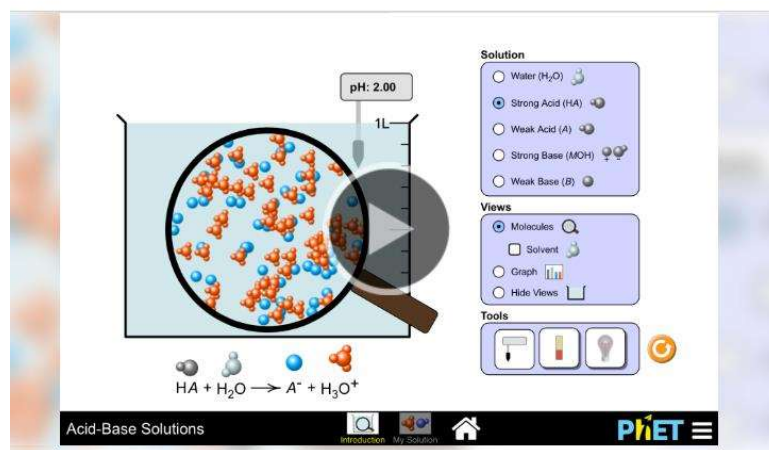
## INVESTIGANDO A FORÇA ÁCIDA

**Objetivos:**

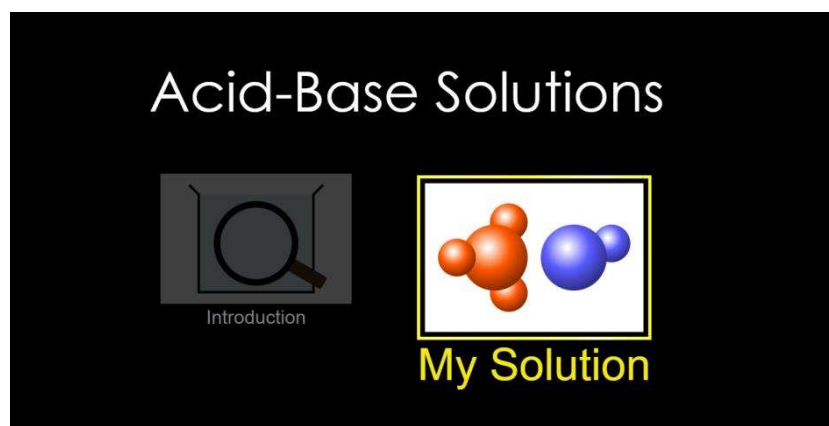
- Verificar a relação entre a concentração dos ácidos e a concentração de  $H^+$  em solução
- Verificar a relação entre o grau de ionização e a condutibilidade elétrica
- Determinar a diferença entre ácidos fortes e fracos

**Conceitos:** ácido de Arrhenius, concentração em mol/L, ionização, força de ácido, pH, força ácida, condutibilidade elétrica.

SIMULATIONS

**Procedimentos iniciais:**

- 1) Após acessar o simulador por meio do link <https://phet.colorado.edu/en/simulations/acid-base-solutions> e clique no centro da imagem para iniciar.
- 2) Escolha a opção “My solution”, em destaque na imagem abaixo.



### Procedimento 1 – Relação da concentração e do valor do pH numa solução de ácido fraco

The simulation interface includes a beaker labeled '1L' containing a solution. A magnifying glass is positioned over the solution, showing a detailed view of the molecules. A pH sensor is shown above the beaker. Below the beaker, the chemical equation is displayed:  $HA + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$ . The control panels are as follows:

- Solução:**
  - Toggle: ácido (selected) / base
  - Concentração Inicial (mol/L): 0.010 (range 0.001 to 1)
  - Força: fraco (selected) / forte
  - Labels: mais fraco, mais forte
- Ver:**
  - Moléculas
  - Solvente
  - Gráfico
  - Ocultar
- Recursos:**
  - Icons for pH sensor, beaker, and lightbulb.
  - Refresh button.

- 1) Arraste o sensor do pHmetro na solução
- 2) Anote o valor inicial do pH
- 3) Mantenha o botão de força do ácido no **fraco**
- 4) Anote a concentração inicial do ácido
- 5) Aumente a concentração do ácido para 0,1 mol.L<sup>-1</sup>
- 6) Anote o novo valor do pH
- 7) **Verifique** a relação entre o aumento de concentração e o valor de pH

### Procedimento 2 – Relação da concentração e do valor do pH numa solução de ácido forte

- 8) Reinicie a simulação
- 9) Coloque o sensor do pHmetro na solução
- 10) Anote o valor inicial do pH
- 11) Altere o botão de força do ácido para **forte**
- 12) Anote a concentração inicial do ácido
- 13) Aumente a concentração do ácido para 0,1 mol/l
- 14) Anote o novo valor do PH
- 15) **Verifique** a relação entre o aumento de concentração e o valor de pH

### Procedimento 3 – Ácido Fraco x Ácido Forte

- 16) Alternando a chave fraco/forte, **compare** o estado final das soluções de ácido fraco e de ácido forte quanto à ionização. Registre suas observações.

- 17) **Explique** a diferença entre ácidos fortes e ácidos fracos.
- 18) No menu “Recursos”, selecione o ícone da lâmpada.
- 19) Arraste os eletrodos para o solução.
- 20) Mantendo a concentração em 0,1 mol/L, **observe** a variação do brilho da lâmpada na presença de ácido fraco e ácido forte. Registre suas observações.

### **Discussão**

- Diferencie um ácido forte e um ácido fraco.
- Todos os ácidos fortes apresentam-se completamente ionizados em solução?
- Todos os ácidos fracos apresentam-se parcialmente ionizados em solução?
- Qual a condição necessária para a condução de eletricidade? Podemos comprová-la?
- Retome suas anotações referentes aos procedimentos 1 e 3 e, utilizando as mesmas propriedades, elabore o roteiro de um experimento para verificar o grau de ionização de diferentes substâncias utilizadas em casa.

### **4.3 - 3ª Etapa: A experimentação investigativa da força dos ácidos**

Ao final da atividade proposta no roteiro para uso do simulador, os alunos são desafiados a desenvolver uma prática que pode ser posteriormente realizada. Esta sequência propõe a solução do seguinte problema: supondo que algum familiar tenha restrição ao consumo de ácidos devido a problemas estomacais, como podemos verificar a força dos ácidos presentes em nosso cotidiano? Propõe-se, então, como desafio, o desenvolvimento de uma escala de força ácida que permita uma verificação macroscópica.

Para realização do experimento, o professor deve disponibilizar um kit de materiais que permita a experimentação. O kit proposto é o seguinte:

- 1 Lâmpara Led (4,5 V)
- Fio com ponta desencapada
- 3 pilhas AAA (1,5 V)
- Fita isolante
- Vinagre
- Limão
- Coca-cola
- Solução com eletrólito forte
- Potes de iogurte

Figura 7: Kit básico de materiais para experimentação



Fonte: Figura do autor

É importante garantir ao estudante a possibilidade de substituir qualquer dos itens ou alterar alguma das etapas do procedimento. A lâmpada led, por exemplo, pode ser substituída por lâmpadas de pisca-pisca, que muitos estudantes e professores já tem em casa. Já a fita isolante garante a interação entre as pilhas na montagem, mas pode ser dispensada caso haja disponível. Além da ampla variedade de produtos ácidos disponíveis. Em relação ao procedimento, o próprio estudante pode verificar o número de pilhas necessárias para acender a lâmpada. Outra variação possível é a associação do experimento à eletroquímica, utilizando pilhas de batata ou limão, tendo o circuito fechado pela passagem na solução ácida. É possível, também, realizar a investigação da força ácida e desenvolver uma escala utilizando, assim como na simulação, indicadores de pH, como o suco do repolho roxo.

Após a realização da aplicação piloto, foram obtidos resultados que permitem comparar a condutividade e a ionização dos ácidos avaliados.

Para a aplicação piloto, foram utilizados apenas alguns ácidos, mas na aplicação em sala de aula, os próprios alunos podem escolher as substâncias ácidas utilizadas em casa para comparação.

Essa liberdade de escolha faz com que o estudante compare os resultados obtidos também com a aplicação de cada produto.

Figura 8 - Resultado da aplicação piloto



Fonte: Figura do autor

## 5 - RECURSOS DIDÁTICOS

- Quadro e pincel ou giz para registro das ideias durante a discussão
- Dispositivo com acesso à internet para utilização do simulador
- Kit de produtos de fácil acesso para desenvolvimento de uma escala de força ácida (este material apresenta uma sugestão do kit com algumas possibilidades de variação)

## 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se, com o desenvolvimento deste produto, auxiliar docentes no favorecimento ao protagonismo do estudante e no desenvolvimento de seu papel como orientador. Além disso, fundamentado na Pedagogia Montessoriana, a proposta de sequência didática aqui apresentada oferece a liberdade necessária para valorizar o conhecimento prévio do estudante e sua interação com o ambiente e os materiais, tratando-se de uma proposta passível de sofrer adaptações conforme o perfil dos alunos.

Por meio da análise dos resultados, o estudante pode perceber quais substâncias do cotidiano são mais ácidas em comparação com os padrões utilizados. Neste caso, foi utilizada uma substância iônica de caráter neutro como referência para maior ionização, o cloreto de sódio.

O fato de poder testar substâncias utilizadas em seu cotidiano promoverá maior interesse e curiosidade, tornando natural a assimilação do conceito de ácido de Arrhenius e a classificação em ácidos como forte ou fraco.

Espera-se que o simulador previamente à realização do experimento dê maior segurança ao estudante no desenvolvimento de hipóteses. Além disso, a compreensão do fenômeno observado e explorado pelo estudante no experimento é ampliada, visto que vem a conhecer o modelo apresentado na simulação.

Por se tratar do produto de uma pesquisa e considerando que a sequência didática pode ser aperfeiçoada mediante resultados de sua aplicação, solicito aos colegas que fizerem uso deste material que enviem sua avaliação deste produto para o endereço de e-mail [giane.fontes@ufv.br](mailto:giane.fontes@ufv.br).

## 7 - BIBLIOGRAFIA

ALBUQUERQUE, Anaquel Gonçalves. **A importância da contextualização na prática pedagógica**. Research, Society and Development, v. 8, n. 11, p. 488111472, 2019.

AZEVEDO, Maria Cristina P. Stella de. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula**. In.: CARVALHO, A. M. P. (org.). Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Thomson, 2004. p. 19-33.

BARBOSA, Edite. **Montessori no Ensino Médio: Uma experiência chilena**. In, 2014. Direcional Educador, Edição 113, p. 12-13

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Base Nacional Comum Curricular: Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2018.

CAPECCHI, Maria Candida Varone de Moraes; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Aspectos da cultura científica numa atividade de laboratório aberto de física**. Física, comunicação e cultura: anais, 2004

DE SOUZA, Cleuzane Ramalho. **Indicadores ácido e base: um ensino por investigação**. 2016.

FIGUEIRA, Angela Carine Moura et al. **Investigando as concepções dos estudantes do ensino fundamental ao superior sobre ácidos e bases**. 2010.

FIGUEIREDO, Leonardo Henrique Franco de; SOUSA, Rafael Rossi. **Ambientes de aprendizagem para além do espaço: desenvolvimento, implicações, perspectivas e o método montessoriano**. Revista Educação Pública, v. 21, nº 36, 28 de setembro de 2021. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/36/ambientes-de-aprendizagem-para-alem-do-espaco-desenvolvimento-implicacoes-perspectivas-e-o-metodo-montessoriano>

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (Org.). **Métodos de pesquisa**. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ed.- São Paulo: Atlas, 2008. ISBN 978-85-224-5142-5

LIMA, Claudiane Lima; DE MELO CUNHA, Maria Bernadete; SILVA, José Luis PB. **Ácidos e Bases: uma perspectiva Histórica**. XVI ENEQ/X EDUQUI-ISSN: 2179-5355, 2012.

MACHADO, Izaltina de Lourdes. **Educação Montessori: de um homem novo para um mundo novo**. São Paulo: Pioneira, 1980.

MACHADO, Maiara Vieira. **Processo de alfabetização que utiliza como concepção pedagógica os pressupostos de Montessori**. EDUCERE XII Congresso Nacional de Educação, 2015. Disponível em: [https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/17188\\_7422.pdf](https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/17188_7422.pdf). Acesso em: mar. 2022.

MORTIMER, Eduardo Fleury. **Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos**. *Investigações em ensino de ciências*, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta; ROMANELLI, Lilavate Izapovitz. **A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos**. *Química Nova*, v. 23, p. 273-283, 2000.

MONTESSORI, Maria, 1870-1952. **Para educar o potencial humano** (livro eletrônico)/Maria Montessori; tradução: Mirian Santini; consultoria e revisão da tradução: Sonia Maria Alvarenga Braga. - Campinas, SP: Papirus. 2014.

MUNJAL, Shikha; SINGH, Aakash. **The Arrhenius Acid and Base Theory**. In: **Corrosion**. IntechOpen, 2020.

OLIVEIRA, K. R.; VIVIANI, Luciana Maria. **Livros de ciências e atividades práticas: concepções e referências a diferentes áreas do conhecimento**. VIII ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências); I CIEC (Congreso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias), 2012.

RÖHRS, Hermann. **Maria Montessori**. Fundação Joaquim Nabuco. Recife: Editora Massangana, 2010. 142 p. (Coleção educadores).

ROSSI, Aline dos Santos. **Diálogos de uma educação libertadora: de Montessori a Paulo Freire**. 2015.

SANTANA, Caroline Honório de et al. **As Contribuições de Maria Montessori e Paulo Freire para a educação nos TCCs de Pedagogia da região da grande Florianópolis**. 2020.

SILVA, Alexandre Abraão Muriana da et al. **O ensino por investigação em laboratório aberto como proposta didática no ensino de eletrodinâmica**. 2017.

SILVA, Leonardo A. et al. **Obstáculos epistemológicos no ensino-aprendizagem de química geral e inorgânica no ensino superior: resgate da definição ácido-base de Arrhenius e crítica ao ensino das “funções inorgânicas”**. *Química nova na escola*, v. 36, n. 4, p. 261-268, 2014.

SUART, Rita de Cássia; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro. **A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química**. *Ciências & Cognição*, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009.

VICHI, Eduardo JS; CHAGAS, Aécio Pereira. **Sobre a força de ácidos e bases: algumas considerações**. *Química Nova*, v. 31, p. 1591-1594, 2008.

VILELA, Silvio Henrique. **Maria Montessori: O caminho dos sentidos**. *Revista Teias*, v. 15, n. 38, p. 32-46, 2014.

ZAPP, Eduardo et al. **Estudo de Ácidos e Bases e o Desenvolvimento de um Experimento sobre a “Força” dos Ácidos.** Química Nova na Escola, v. 37, n. 4, p. 278-284, 2015.