

PROTÓTIPO ELETROMECAÂNICO AUTOMATIZADO EM ESCALA MACROSCÓPICA DA MOLÉCULA DE ÁGUA

Macroscopic Scale Automated Electromechanical Water Molecule Prototype

Bruno Resende Moreira

Licenciando em Física, Universidade Federal de São João del Rei - MG
Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-9434-6001>
moreirabru250@gmail.com

Cláudia Aparecida de Paula

Licencianda em Física, Universidade Federal de São João del Rei - MG
Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-9002-6522>
claudiapaula2024@hotmail.com

Istefânia Aparecida Bedesque

Licencianda em Física, Universidade Federal de São João del Rei - MG
Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-0593-7933>
istefaniaaparecida123@gmail.com

Rafael Gomes Moraes

Licenciando em Física, Universidade Federal de São João del Rei - MG
Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-2101-0258>
fael.gomes30@gmail.com

Pedro Henrique de Abreu

Licenciando em Física, Universidade Federal de São João del Rei - MG
Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-0765-3846>
pedro-abreu22@hotmail.com

Maria Clara de Oliveira

Licencianda em Física, Universidade Federal de São João del Rei - MG
Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-4880-3635>
mcsalvatore123@gmail.com

Bárbara Ferreira Arruda

Licencianda em Física, Universidade Federal de São João del Rei - MG
Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-6064-0064>
babihelloise@gmail.com

Simoni Bessa Sandoval Nogueira

Profa. Supervisora, Escola Estadual Governador Milton Campos - São João del Rei - MG
Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-6672-8999>
simoni.nogueira@educacao.mg.gov.br

Cláudio de Oliveira

Prof. Dr., Universidade Federal de São João del Rei - MG
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1454-678X>

claudiodeoliveira@ufsj.edu.br

Pablo Parmezani Munhoz

Prof. Dr., Universidade Federal de São João del Rei - MG

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7322-4721>

pmunhoz@ufsj.edu.br

Fernando Otávio Coelho

Prof. Ms., Universidade Federal de São João del Rei - MG

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7069-8905>

focoelho@ufsj.edu.br

Artigo recebido em jun/2024 e aceito em agosto/2024

RESUMO

A água, pela sua simplicidade e abundância, desempenha um papel fundamental na natureza. Sua molécula é constituída por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio, formando uma estrutura não linear em forma de "V", com um hidrogênio em cada extremidade e o oxigênio no vértice, com um ângulo aproximado de 104,5°. Além disso, as moléculas de água estão em constante movimentação, podendo realizar diferentes tipos de movimentos, como translacionais, rotacionais e vibracionais, dependendo da fase da matéria, temperatura e outras energias presentes. Este estudo aborda os desafios relacionados ao ensino das propriedades moleculares da água, especialmente voltado para os estudantes do Ensino Médio, e propõe uma solução inovadora: um protótipo eletromecânico automatizado da molécula de água como ferramenta educacional. Por meio de tecnologias como Arduino, Bluetooth e motores controlados por aplicativos móveis, esse dispositivo proporciona uma experiência prática e interativa, permitindo uma compreensão mais aprofundada da geometria molecular da água, de seus diferentes modos de liberdade e sua relação com o conceito de equipartição de energia. A aplicação desse protótipo em sala de aula demonstrou resultados significativos. Os estudantes alcançaram uma compreensão mais clara dos conceitos abordados, além de uma maior retenção das informações apresentadas. Além disso, o uso do protótipo estimulou o pensamento crítico e a criatividade dos estudantes, promovendo uma conexão direta entre teoria e prática. Ao considerar diferentes abordagens metodológicas, é possível preparar os licenciandos para uma prática docente mais eficaz, incentivando a adaptação aos interesses dos alunos e promovendo uma aprendizagem significativa e duradoura. Essa experiência não apenas fortalece a compreensão dos conceitos científicos, mas também capacita os futuros educadores a contribuir para uma educação de qualidade e envolvente na compreensão de conceitos moleculares complexos.

Palavras-chave: Água. Molécula; Graus de liberdade; Demonstração; Protótipo.

ABSTRACT

Water, due to its simplicity and abundance, plays a fundamental role in nature. Its molecule consists of two hydrogen atoms and one oxygen atom, forming a non-linear structure in the shape of a "V", with one hydrogen at each end and the oxygen at the vertex, at an approximate angle of 104.5°. Moreover, water molecules are constantly in motion, capable of performing different types of movements, such as translational, rotational, and vibrational, depending on the phase of matter, temperature, and other present energies. This study addresses the challenges related to teaching the molecular properties of water, especially aimed at high school students, and proposes an innovative solution: an electromechanical automated prototype of the water molecule as an educational tool. Through technologies like Arduino, Bluetooth, and motors controlled by mobile applications, this device provides a practical and interactive experience, allowing for a deeper understanding of water's

molecular geometry, its different degrees of freedom, and its relationship with the concept of energy equipartition. The application of this prototype in the classroom has shown significant results. Students achieved a clearer understanding of the concepts discussed, as well as better retention of the presented information. Additionally, the use of the prototype stimulated critical thinking and creativity among students, promoting a direct connection between theory and practice. By considering different methodological approaches, it is possible to prepare teacher trainees for a more effective teaching practice, encouraging adaptation to students' interests and promoting meaningful and lasting learning. This experience not only strengthens the understanding of scientific concepts but also empowers future educators to contribute to a quality and engaging education in the comprehension of complex molecular concepts.

Keywords: Water; Molecule; Degrees of freedom; Demonstration; Prototype.

1. INTRODUÇÃO

O ensino de propriedades moleculares é frequentemente desafiador devido à abstração necessária para compreender conceitos relacionados. A utilização de tecnologias educacionais, como Realidade Aumentada (RA) e modelos moleculares virtuais, tem se mostrado promissora para facilitar o aprendizado (MAIER *et al.*, 2009; SIEDLER *et al.*, 2006).

A Realidade Aumentada (RA) tem sido explorada como uma ferramenta eficaz para a interação com modelos de átomos e moléculas em um ambiente virtual (SIEDLER *et al.*, 2006). Além disso, o desenvolvimento de aplicativos e ferramentas baseadas em RA, como o MolecularAR, tem demonstrado ser uma estratégia relevante para auxiliar o ensino de ligações químicas e outras estruturas moleculares (COELHO JÚNIOR, 2021; ALVES *et al.*, 2021).

A falta de materiais instrucionais adequados e a dificuldade na compreensão de conceitos abstratos, têm impulsionado a busca por soluções inovadoras (SILVA; SAMBUGARI, 2020), tais como a utilização de modelos moleculares, tanto físicos quanto virtuais (MIGLIATO FILHO, 2005; GOMES *et al.*, 2024).

Para ajudar na apresentação dos conceitos em sala de aula, várias propostas foram abordadas, tais como as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) e os Três Momentos Pedagógicos (3MP) (OLIVEIRA *et al.*, 2024; CRESTANI *et al.*, 2016). A utilização desses recursos didáticos, aliada ao uso de tecnologias como a RA e aplicativos móveis, têm o potencial de tornar o ensino mais envolvente e significativo para os alunos (SOARES *et al.*, 2024; ALVES *et al.*, 2021).

Com o propósito de contribuir com ainda mais recursos nas estratégias de ensino, introduzimos o uso de um protótipo eletromecânico automatizado em escala macroscópica da molécula de água, como ferramenta educacional para o ensino de conceitos fundamentais em ciências. Além de permitir rápida absorção de conceitos de geometria molecular, o aparato também promove a análise de conceitos como modos de liberdade e equipartição de energia.

Utilizando tecnologias como Arduino, Bluetooth e motores controlados por aplicativos móveis, esse dispositivo proporciona uma experiência prática e interativa com os estudantes, auxiliando na compreensão dos conceitos teóricos. Além disso, trata-se de um equipamento mais versátil e mais intuitivo que as tecnologias de informação e conhecimento (TICs) usualmente empregadas para esse propósito, permitindo sua imediata utilização e otimizando o tempo de aula, contribuindo, portanto, para o dinamismo e aprendizado significativo.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Contextualização

A experiência foi realizada em uma escola estadual na cidade de São João del Rei, para a qual foi utilizada uma das aulas de uma turma do segundo ano do ensino médio.



Figura 1 – Apresentação dos conceitos básicos sobre a molécula de água.

Fonte: Autores.

A aula foi dividida em três partes. Na primeira parte da aula, foi realizada uma apresentação de conceitos básicos sobre a molécula de água, estimulando a participação dos estudantes no decorrer dos tópicos abordados.



Figura 2 – Participação dos estudantes durante apresentação sobre a molécula de água.
Fonte: Autores.

Na parte seguinte da aula, foram passados dois vídeos sobre a molécula de água, enfatizando aspectos sobre a formação da molécula, ligações de hidrogênio e as interações entre as moléculas em cada uma das três fases mais comuns.

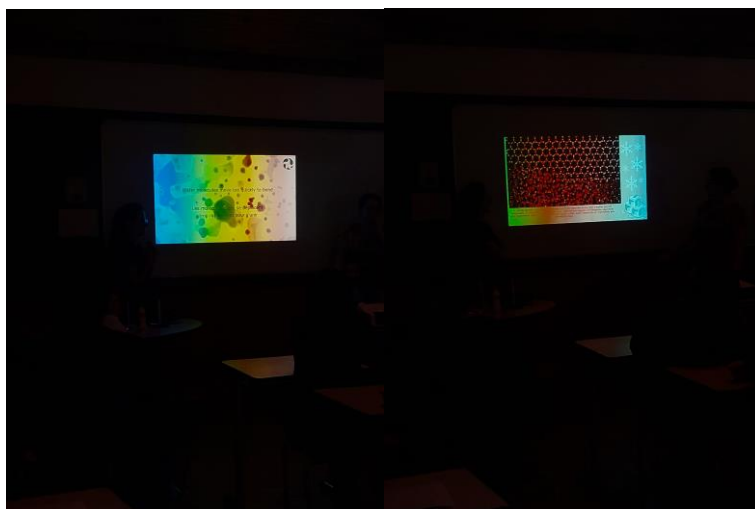


Figura 3 – Apresentação dos vídeos sobre a molécula de água.
Fonte: Autores.

Na parte final da aula, foi apresentado o protótipo eletromecânico automatizado em escala macroscópica da molécula de água, enfatizando novamente os conceitos mais importantes abordados nas partes anteriores da aula, destacando-se o conceito de modos (graus) de liberdade (translação, rotação e vibração) da molécula e a noção de equipartição de energia.



Figura 4 – Apresentação do protótipo eletromecânico automatizado da molécula de água em escala macroscópica.

Fonte: Autores.

2.2. Discussão

Na primeira parte da aula, foi realizada uma apresentação de conceitos básicos sobre a molécula de água. No início da apresentação, foi inserida uma primeira imagem com o objetivo de criar um suspense para com os estudantes sobre o tema a ser abordado, direcionando-os com pistas para que eles mesmos pudessem responder às questões surgidas.

O intuito desta apresentação inicial foi de revisar conceitos básicos sobre a água. A água é uma das substâncias mais simples e abundantes da natureza. A molécula de água é composta de dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio. A estrutura molecular é não linear, curvada na forma da letra “V”, com um hidrogênio em cada extremidade e o oxigênio no vértice, o qual forma, aproximadamente, um ângulo de $104,5^\circ$ (ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, 2024). As moléculas de água nunca estão em repouso. Seus graus (modos) de liberdade podem ser os movimentos translacionais, rotacionais e vibracionais, sendo, em condições normais, uma combinação destes, dependendo da fase da matéria em que se encontram, da temperatura, e outras energias presentes.

A energia de um sistema físico é uma propriedade intrínseca que depende do movimento, da configuração espacial das partes que o compõem e de suas interações com o ambiente e/ou outros sistemas. As transferências de energia entre o sistema e o ambiente e/ou outros sistemas são possíveis através de dois processos: trabalho e calor.

Trabalho é a transferência de energia entre o sistema e o ambiente e/ou outros sistemas, causada pela mudança na energia mecânica do sistema – cinética (movimento) e potencial (configuração espacial das partes do sistema) – devido à aplicação de força(s) externa(s) sobre o sistema ou uma ou mais de suas partes, durante um certo deslocamento, e/ou pela mudança da energia térmica do sistema e do ambiente e/ou outros sistemas e/ou pela mudança de outras formas de energia, tais como sonora, elétrica, química, entre outras. Assim, o trabalho pode ser realizado por vários mecanismos:

mecânico, elétrico, químico, dentre outros, dependendo do tipo de sistema e do contexto específico (NUSSSENSVEIG, 2013).

Calor é a transferência de energia térmica entre o sistema e o ambiente e/ou outros sistemas, devido a diferença(s) de temperatura. Por exemplo, no caso mais simples de dois sistemas em contato térmico, a energia térmica flui do sistema de maior temperatura para o de menor temperatura até que ambos estejam em equilíbrio térmico (mesma temperatura). Assim, o calor pode ocorrer por três mecanismos principais (NUSSSENSVEIG, 2013):

1. **Condução:** é a transferência de energia térmica através de um meio sólido, onde as partículas se colidem e transferem energia umas para as outras. Por exemplo, quando uma extremidade de uma barra de metal é aquecida, a energia térmica é conduzida através da barra, aquecendo também a outra extremidade.

2. **Convecção:** é a transferência de energia térmica por meio do movimento de fluidos (líquidos ou gases). Isso ocorre quando a energia térmica é transferida por um fluido em movimento, como as correntes atmosféricas, correntes oceânicas ou até mesmo dentro de um líquido aquecido em uma panela.

3. **Irradiação:** é a transferência de energia na forma de ondas eletromagnéticas, como luz visível, ondas de rádio, infravermelho, etc. A radiação térmica é um exemplo comum, onde um objeto aquecido emite energia na forma de radiação eletromagnética, usualmente com predominância no espectro infravermelho.

Além desses mecanismos há outros menos comuns, como a transferência de energia por ondas mecânicas (som), a transferência de energia em sistemas elétricos por meio de correntes elétricas e ondas eletromagnéticas, dentre outros.

A energia térmica é a energia associada à temperatura do sistema. O conceito de temperatura é fundamentado na teoria cinética dos gases e na termodinâmica. Em termos simples, a temperatura é uma medida da energia cinética média das partículas de um sistema. Isso significa que a temperatura está relacionada ao movimento das partículas: quanto maior a energia cinética média, maior a temperatura do sistema (NUSSSENSVEIG, 2013).

Outro objetivo dessa apresentação inicial foi também o de proporcionar um ambiente em que os estudantes se sentissem mais à vontade e confiantes, conforme eles mesmos iam respondendo – uma vez que eram concepções sabidamente pré-existentes na bagagem conceitual deles, de aulas anteriores já ministradas na escola – às perguntas realizadas durante a apresentação.

Na parte seguinte da aula, foram passados dois vídeos sobre a molécula de água, enfatizando aspectos sobre a formação da molécula, ligações de hidrogênio e as interações entre as moléculas em cada uma das três fases mais comuns.

No primeiro vídeo (Canadian Museum of Nature, 2011), parte 1, foi apresentada uma animação computadorizada da molécula de água, mostrando como ocorre a formação da molécula – através da dissociação de duas moléculas do gás hidrogênio e uma do gás oxigênio, formando duas moléculas de água.

Em seguida, o vídeo exibe uma das interações mais importantes da natureza – as pontes de hidrogênio – que ocorrem, também, entre moléculas de água, devido à separação existente entre os centros de carga positiva e negativa de cada molécula – os hidrogênios de cada molécula são atraídos para a região mais eletronegativa de outras moléculas. A demonstração termina por simular as várias pontes de hidrogênio sendo formadas entre as moléculas de água para a obtenção da fase líquida da água, a mais abundante na Terra.

Na parte 2 do vídeo (CANADIAN MUSEUM OF NATURE, 2011), a sessão inicia com a simulação microscópica da água na fase líquida, cuja energia térmica, associada à energia cinética das moléculas, é suficiente para que ligações de hidrogênio sejam continuamente formadas e desfeitas entre as moléculas de água. Nessa fase, os modos de liberdade contribuem de maneira diferente devido à maior mobilidade das moléculas em comparação com a fase sólida (veja a seguir). Os modos (graus) de liberdade mais significativos são (EISENBERG; KAUZMANN, 2005):

1. Translacional: Este modo de liberdade é o mais significativo para esta fase. Estima-se que a maior parte da energia térmica seja associada ao movimento translacional das moléculas de água.

2. Rotacional: as moléculas de água na fase líquida têm alguma liberdade de rotação em torno de seus eixos. No entanto, devido à maior proximidade entre as moléculas em comparação com a fase gasosa (veja a seguir), a rotação é geralmente mais restrita. A contribuição deste modo de liberdade é menor em comparação com o translacional.

3. Vibracional: as vibrações internas de ligação na fase líquida continuam a ocorrer, embora em uma escala menor do que na fase gasosa (veja a seguir). A energia térmica ainda permite algum grau de vibração molecular. A contribuição deste modo de liberdade é menor em comparação com os modos translacional e rotacional.

É importante notar que essas são estimativas aproximadas e podem variar dependendo das condições específicas, como temperatura, pressão e composição do líquido.

Uma curiosidade interessante a ser enfatizada durante a exibição desse trecho do vídeo é o fato de que a água na fase líquida nem mesmo deveria existir na temperatura ambiente, não fossem as pontes de hidrogênio. São justamente, também, essas interações que desencadeiam propriedades da água líquida como a viscosidade e tensão superficial.

Na sequência do vídeo, uma exposição reproduz a mudança para a fase sólida. Com a redução da temperatura, a água líquida vai cada vez mais perdendo a energia térmica (calor sensível), associada à energia cinética das moléculas, para o ambiente, e as pontes de hidrogênio entre as moléculas de água são cada vez menos desfeitas. Nessa fase, os modos de liberdade estão geralmente restritos devido à organização cristalina das moléculas de água. Os modos (graus) de liberdade mais significativos são (EISENBERG; KAUZMANN, 2005):

1. Translacional: Este modo de liberdade refere-se ao movimento das moléculas de água como um todo dentro da estrutura cristalina. As moléculas de água estão fixas em posições específicas, portanto, a contribuição de translação é praticamente insignificante.

2. Rotacional: Este modo de liberdade refere-se à rotação das próprias moléculas de água em torno de seus eixos. As moléculas de água podem ter alguma liberdade de rotação em torno de seus eixos, embora essa rotação seja geralmente restrita devido à organização cristalina.

3. Vibracional: Este modo de liberdade refere-se à vibração das ligações químicas nas moléculas de água. As vibrações de ligação são o principal modo de liberdade ativo. As moléculas de água estão fixas em posições específicas, mas ainda podem vibrar em torno dessas posições devido à energia térmica residual presente no sistema.

É importante notar que a contribuição exata de cada modo de liberdade pode variar dependendo das condições específicas, como a estrutura cristalina do gelo (existem diferentes formas de gelo), a presença de impurezas, a temperatura, entre outros fatores.

O vídeo termina por projetar a representação da fase gasosa, Com o aumento da temperatura, a água líquida vai cada vez mais ganhando energia térmica (calor sensível), associada à energia cinética das moléculas do ambiente, de modo que as ligações de hidrogênio não mais conseguem se estabelecer. Nessa fase, a distribuição de cada modo de liberdade pode variar dependendo das condições específicas, como temperatura, pressão e volume. Os modos (graus) de liberdade mais significativos são (EISENBERG KAUZMANN, 2005):

1. Translacional: Este é o modo de liberdade mais significativo. Refere-se ao movimento das moléculas de água como um todo no espaço tridimensional. Como as moléculas de água estão em

constante movimento e se deslocando no espaço, a contribuição deste modo de liberdade é predominante.

2. Rotacional: A rotação das moléculas de água em torno de seus próprios eixos também é um modo de liberdade ativo. As moléculas têm a liberdade de girar em torno de seus eixos, o que contribui para sua energia cinética total.

3. Vibracional: Embora menos proeminente do que os modos translacional e rotacional, as vibrações das ligações químicas nas moléculas de água ainda contribuem para a energia cinética total na fase gasosa. As ligações entre os átomos na molécula podem vibrar, embora essas vibrações sejam geralmente de menor amplitude em comparação com as fases líquida e sólida.

No segundo vídeo (CSIRO's Data 61, 2018), uma simulação da transição de fase da água da fase líquida para a fase sólida (solidificação) é demonstrada, destacando um aumento na ordem molecular à medida que as moléculas de água passam de um arranjo mais aleatório (líquido) para uma estrutura cristalina mais ordenada (sólido). Nessa transição, o calor (latente de solidificação, que é o mesmo para a fusão, no processo inverso) representa a transferência de energia necessária para romper as interações intermoleculares no líquido e reorganizar as moléculas em uma estrutura cristalina sólida. Esse processo consome energia, sem efetivamente causar aumento da temperatura (calor latente), pois toda a energia, em média, é usada para reduzir as forças de atração entre as moléculas. Portanto, durante a solidificação (processo inverso ao da fusão), a energia térmica é retirada do ambiente.

A reorganização forma um arranjo cristalino, geralmente numa estrutura hexagonal. As moléculas de água se organizam em uma grade tridimensional, onde os átomos de hidrogênio e oxigênio estão dispostos de maneira ordenada, formando hexágonos. Essa estrutura é conhecida como estrutura cristalina hexagonal compacta (HCP) ou gelo Ih (EISENBERG; KAUZMANN, 2005).

No gelo Ih, cada molécula de água está ligada a outras quatro moléculas de água, formando uma rede tridimensional de pontes de hidrogênio. Essa rede de ligações de hidrogênio é responsável pela estabilidade e rigidez da estrutura sólida do gelo. Cada molécula de água no gelo Ih tem uma geometria tetraédrica em relação às suas moléculas vizinhas (EISENBERG; KAUZMANN, 2005).

É interessante enfatizar o motivo pelo qual recipientes que não são capazes de acompanhar o aumento de volume na mudança de fase da água, acabam por trincar; é o que acontece, por exemplo, com o vidro. Outro aspecto importante, que pode ser mencionado durante o trecho referente à fase gasosa da água, exibido na parte 2 do primeiro vídeo, é referente às energias necessárias para ativarem, ainda mais, os modos vibracionais das moléculas de vapor de água, que estão, por exemplo, usualmente presentes na atmosfera terrestre, e que são obtidas, tanto da radiação solar direta, quanto

da refletida pelo planeta, na faixa do espectro infravermelho. Tais energias são absorvidas como energias potenciais vibracionais e emitidas como radiação infravermelha, aleatoriamente, em todas as direções. O vapor de água é o gás mais importante do fenômeno conhecido como efeito estufa, fundamental para a existência das mais diferentes formas de vida (NASA, 2024).

Na parte final da aula, foi apresentado o protótipo eletromecânico automatizado em escala macroscópica da molécula de água, enfatizando os aspectos de geometria molecular, de modos (graus) de liberdade (translação, rotação e vibração) da molécula e de equipartição de energia.

O sistema é controlado por um Arduino Uno, que gerencia dois motores de alto torque e baixa rotação (12V), responsáveis pelos movimentos de translação e rotação. A comunicação é estabelecida via Bluetooth, através do aplicativo Arduino Bluetooth Controller, para dispositivos móveis. Para a conexão Bluetooth, foi utilizado um módulo HC05. O funcionamento dos motores é gerenciada por um Driver Motor Ponte H Dupla L298n, e os motores que simulam os átomos de hidrogênio em modos vibracionais de alongamento (simétrico e antissimétrico), são comandados por MOSFETs Irfz44n e alimentados por 5V.

2.3. Resultados

A experiência em sala de aula usando um protótipo eletromecânico automatizado em escala macroscópica da molécula de água apresentou alguns resultados importantes. Os alunos tiveram uma compreensão mais precisa e intuitiva dos conceitos de equipartição de energia e graus de liberdade das moléculas, e puderam ver diretamente como as diferentes formas de energia se distribuem e interagem em nível molecular.

O uso de um protótipo tangível e interativo aumentou a assimilação dos alunos, já que eles tiveram a oportunidade de interagir diretamente com o objeto de estudo. O protótipo serviu como ponto de partida para discussões mais profundas e variadas sobre o conceito de energia, permitindo que os alunos fizessem perguntas, explorando situações diferentes a partir de suas observações.

Os alunos também puderam assimilar os conceitos teóricos em situações reais, proporcionando uma conexão mais direta entre a teoria e a vida cotidiana. A experiência prática e visual fornecida pelo protótipo também ajudou os alunos a terem uma melhor retenção das informações, tornando os conceitos mais memoráveis e duradouros.

Em resumo, a experiência em sala de aula com o protótipo foi capaz de facilitar uma compreensão mais profunda, um maior engajamento e uma apreciação mais rica dos conceitos de equipartição de energia e graus de liberdade das moléculas. O protótipo teve também o poder de inspirar os alunos a pensarem em outras maneiras de representar e explorar conceitos científicos complexos, estimulando sua criatividade e pensamento crítico acerca das interações moleculares.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Outrossim, a experiência em sala de aula utilizando o protótipo eletromecânico automatizado em escala macroscópica da molécula de água tem uma relevância significativa para a futura prática profissional dos licenciandos. As metodologias podem ser baseadas, por exemplo, nos princípios de UEPS e 3MP, conforme discutidos em trabalhos recentes sobre o assunto (OLIVEIRA *et al.*, 2024; Crestani *et al.*, 2016) entre outros métodos de ensino, não apenas fortalecendo a compreensão dos conceitos científicos, mas também preparando os licenciandos para uma prática docente eficaz e engajadora.

Primeiramente, ao adotar uma abordagem de UEPS, a experiência permite aos licenciandos articular os conteúdos programáticos com os temas abordados, superando assim os desafios do contexto escolar. Ao propor situações-problema que refletem a realidade dos alunos, a atividade estimula o pensamento crítico e contextualizado, tornando os alunos ativos no processo de aprendizagem. Isso é fundamental para futuros educadores, que precisarão adaptar seus métodos de ensino às necessidades e interesses de seus alunos.

Da mesma forma, uma escolha baseada na metodologia 3MP, a qual foi praticamente adotada no presente trabalho, em seu aspecto mais qualitativo, proporciona aos licenciandos uma estrutura sólida para o planejamento e execução de suas aulas. Ao começar com a Problematização Inicial, os licenciandos aprendem a envolver os alunos na discussão e a identificar seus conhecimentos prévios, criando uma base sólida para a construção de novos conceitos.

Durante a Organização do Conhecimento, os licenciandos têm a oportunidade de aprofundar os conhecimentos científicos selecionados, desafiando os alunos a resolver problemas e atividades que os levem a refletir e agir. Finalmente, na Aplicação do Conhecimento, os licenciandos aprendem a sistematizar o conhecimento e a estimular os alunos a empregar o que aprenderam em situações do mundo real, promovendo assim uma aprendizagem significativa e duradoura.

Portanto, essa experiência não apenas prepara os licenciandos para serem educadores eficazes, mas também os capacita a contribuir para a construção de programas escolares, currículos e processos formativos mais relevantes e engajadores. Ao promover o diálogo, a troca de informações e a colaboração entre educadores e educandos através de metodologias como a UEPS e 3MP, criam-se ferramentas poderosas para transformar a prática educativa e promover uma educação de qualidade para todos os alunos.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

ALVES, B. X. P.; PONTES, L. F. B.; LIMA JÚNIOR, C. G. Uso do aplicativo “moléculas” para o ensino de geometria molecular: uma abordagem na perspectiva do mobile learning. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 4, p. 1576-1586, 2021.

COELHO, D. S.; GLÓRIA JÚNIOR, I. Realidade Aumentada no Ensino de Química: Um Estudo de Caso de um Jogo Educacional. **Journal of Technology & Information**, v. 1, n. 2, p. 1-19, 2021.

CRESTANI, E. R. M. F., KLEIN, C., & LOCATELLI, A. Representação de Moléculas com Balinhas de Goma e o Ensino de Geometria Molecular. **II Mostra Gaúcha de Validação de Produtos Educacionais e I Encontro do PIBID Física/RS**, 2016.

GOMES, M.; FREITAS, G. F. G.; VASCONCELOS, P. H. M. Avaliação Didática dos Materiais Alternativos no Conteúdo de Geometria Molecular: Uma Proposta para o Ensino de Química. **Revista Debates em Ensino de Química**, p. 130-148, 2024.

MAIER, P.; KLINKER, G.; TONNIS, M. Augmented Reality for teaching spatial relations. **Conference of the International Journal of Arts & Sciences**, 2009.

MIGLIATO FILHO, J. R. **Utilização de Modelos Moleculares no Ensino de Estequiometria para Alunos do Ensino Médio**. São Carlos: UFSC, 2005.

OLIVEIRA, A. A.; GUIMARÃES, A. R.; VIANNA, C. A. F. J. Ensino de Geometria Molecular Utilizando Software: Uma Proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. **Revista Ciências e Ideias**, v. 15, p. 1-16, 2024.

SILVA, L. C. N.; SAMBUGARI, M. R. N. Formação e prática do professor para o uso das mídias e tecnologias na alfabetização: uma revisão de literatura. Educitec. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 6, p. 1-15, 2020.

CANADIAN MUSEUM OF NATURE. **Water Molecules - part 1**. [Vídeo]. Canal: Canadian Museum of Nature. 2011. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=sBZfPmIcS-E>. Acesso em: 16 mai. 2024.

CANADIAN MUSEUM OF NATURE. **Water Molecules - part 2**. [Vídeo]. Canal: Canadian Museum of Nature. 2011. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=moITG5Q7zzI>. Acesso em: 16 mai. 2024.

CSIRO'S DATA61. **3D molecular visualisation - Water turning into ice**. [Vídeo]. Canal: CSIRO's Data61. Publicado em: 12 set. 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zRUFzJrDtq0>. Acesso em: 16 mai. 2024.

ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. **Water.** Disponível em:
<https://www.britannica.com/science/water>. Acesso em: 16 mai. 2024.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica.** São Paulo: Editora Blucher, 2013.

EISENBERG, D.; KAUZMANN, W. **The Structure and Properties of Water.** Oxford: Oxford University Press, 2005.

NASA. **Steamy Relationships: How Atmospheric Water Vapor Amplifies Earth's Greenhouse Effect.** Disponível em: <https://science.nasa.gov/earth/climate-change/steamy-relationships-how-atmospheric-water-vapor-amplifies-earths-greenhouse-effect/>. Acesso em: 17 mai. 2024.