



O USO DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE MODELOS ATÔMICOS: uma abordagem ativa para a aprendizagem química

THE USE OF INVESTIGATIVE ACTIVITIES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEACHING ATOMIC MODELS: an active approach to learning in chemistry

S. JEOVANA MARIA ARAUJO¹, A. RONNI GERALDO²

¹Instituto de Física - Universidade de Brasília

Resumo

O ensino de química enfrenta desafios relacionados à abstração dos conceitos e à falta de conexão com a realidade dos estudantes. Diante disso, metodologias ativas, como a atividade investigativa, têm se mostrado eficazes para promover o pensamento crítico e o engajamento na aprendizagem. Neste contexto, o presente estudo investigou como a combinação da atividade investigativa com o uso da inteligência artificial pode contribuir para uma compreensão mais aprofundada dos modelos atômicos e suas limitações. O objetivo principal foi analisar o impacto dessa abordagem no aprendizado dos estudantes do ensino médio. Para isso, a pesquisa foi conduzida em uma turma dividida em cinco grupos, cada um responsável por estudar um modelo atômico específico. Utilizando ferramentas de inteligência artificial, os alunos produziram vídeos animados para apresentar a evolução dos modelos atômicos. Em seguida, participaram de uma atividade investigativa que os desafiou a questionar as limitações desses modelos e desenvolver um novo modelo atômico fictício com base em hipóteses científicas. Os resultados indicaram um aumento no engajamento dos estudantes, que passaram a compreender de forma mais crítica a evolução dos modelos atômicos e a importância da revisão contínua das teorias científicas. A utilização da inteligência artificial contribuiu para tornar o aprendizado mais dinâmico e interativo, estimulando a criatividade dos alunos. Conclui-se que a combinação da atividade investigativa com ferramentas tecnológicas pode ser uma estratégia eficaz para aprimorar o ensino de química, incentivando os alunos a assumirem um papel ativo na construção do conhecimento.

Keywords: Ensino de química. Modelos atômicos. Atividade investigativa. Inteligência artificial. Metodologia ativa.

Abstract

Teaching chemistry faces challenges related to the abstraction of concepts and the lack of connection with students' reality. In this context, active methodologies, such as investigative activities, have proven effective in promoting critical thinking and engagement in learning. This study investigated how the combination of investigative activities with the use of artificial intelligence can contribute to a deeper understanding of atomic models and their limitations. The main objective was to analyze the impact of this approach on high school students' learning. The research was conducted in a class divided into five groups, each responsible for studying a specific atomic model. Using artificial intelligence tools, students created animated videos to present the evolution of atomic models. Subsequently, they participated in an investigative activity that challenged them to question the limitations of these models and develop a new fictitious atomic model based on scientific hypotheses. The results indicated an increase in student engagement, as they developed a more critical understanding of the evolution of atomic models and the importance of continuous revision of scientific theories. The use of artificial intelligence contributed to making learning more dynamic and interactive, stimulating students' creativity. It is concluded that the combination of investigative activities with technological tools can be an effective strategy for improving chemistry education, encouraging students to take an active role in knowledge construction.

Keywords: Chemistry Education. Atomic Models. Investigative Activity. Artificial Intelligence. Active Methodology.

I. INTRODUÇÃO

O ensino de ciências, e particularmente da química, tem passado por transformações significativas na busca por metodologias que promovam um aprendizado mais significativo e engajador. Dentre essas abordagens, a atividade investigativa tem se destacado como uma estratégia eficaz para desenvolver o pensamento crítico e a autonomia dos estudantes. Baseada na formulação e testagem de hipóteses, essa metodologia permite que os alunos compreendam a ciência como um processo dinâmico, no qual o conhecimento é constantemente revisado e aprimorado. No ensino dos modelos atômicos, essa abordagem se torna ainda mais relevante, pois possibilita aos estudantes não apenas memorizar conceitos, mas também questionar suas limitações e refletir sobre os avanços da ciência na compreensão da estrutura da matéria. Paralelamente, a inteligência artificial (IA) tem se consolidado como uma ferramenta inovadora no processo de ensino-aprendizagem. Quando utilizada corretamente, a IA pode potencializar o aprendizado, proporcionando recursos interativos, simulações e produção de conteúdos visuais e sonoros que auxiliam na assimilação de conceitos complexos. No contexto do ensino de química, o uso de IA pode contribuir para a ilustração de fenômenos microscópicos e a criação de representações dinâmicas dos modelos atômicos, facilitando a compreensão dos alunos. No entanto, é fundamental que seu uso seja direcionado e planejado, de modo a estimular o raciocínio científico e a criatividade, em vez de substituir o esforço cognitivo necessário para a construção do conhecimento. O presente estudo busca explorar como a combinação da atividade investigativa com o uso da inteligência artificial pode contribuir para uma aprendizagem mais significativa sobre os modelos atômicos. A questão central que norteia este trabalho é: de que maneira a

investigação científica e o uso da IA podem favorecer a compreensão dos modelos atômicos e estimular a construção de novos conceitos pelos estudantes? A relevância dessa abordagem se justifica pela necessidade de superar métodos tradicionais, que reduzem muitas vezes o aprendizado de química à memorização de modelos, sem estimular a reflexão crítica sobre suas limitações e aplicações no mundo real. O objetivo geral deste estudo é analisar os impactos da aplicação da atividade investigativa aliada ao uso da inteligência artificial no ensino de modelos atômicos. Especificamente, busca-se:

- Promover a compreensão crítica dos diferentes modelos atômicos e suas limitações históricas.
- Incentivar o desenvolvimento de hipóteses e a criação de novas interpretações sobre a estrutura da matéria.
- Explorar o potencial da inteligência artificial na construção de materiais didáticos interativos e dinâmicos.
- Avaliar o impacto dessa abordagem na motivação e no engajamento dos alunos no aprendizado de química.

Metodologicamente, o trabalho foi realizado com uma turma do ensino médio, dividida em cinco grupos. Inicialmente, cada grupo estudou um modelo atômico específico e, utilizando ferramentas de inteligência artificial, produziu vídeos animados narrando a evolução desses modelos. Em seguida, foram realizadas atividades investigativas sobre todos os modelos, estimulando a reflexão sobre suas limitações. Por fim, os estudantes utilizaram a IA para criar um novo modelo atômico fictício, seguindo um roteiro investigativo baseado na formulação e refutação de hipóteses. Este trabalho está estruturado da seguinte forma: após esta introdução, são apresentados o contexto da experiência e a sequência de atividades desenvolvidas. Em seguida, discutem-se as dificuldades encontradas e as soluções adotadas durante a execução do projeto. Posteriormente, são analisadas as percepções e reações dos participantes, bem como a avaliação geral da experiência. Por fim, a conclusão sintetiza os principais resultados e reflexões obtidas, destacando contribuições e possíveis desdobramentos para futuras práticas educacionais.

II. DESENVOLVIMENTO

II.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este trabalho fundamenta-se nas teorias de Jean Piaget e na abordagem construcionista de Seymour Papert, aplicadas ao ensino investigativo em ciências, com especial ênfase no uso de inteligências artificiais (IAs) para a criação de modelos atômicos. A base teórica se alicerça principalmente nas proposições de Anna Maria Pessoa de Carvalho, apresentadas no livro “O Ensino de Ciências e a Proposição de Sequências de Ensino Investigativo”.

Diversos estudos evidenciam a eficácia das abordagens investigativas no ensino de ciências, ressaltando como essas metodologias promovem o engajamento e a compreensão

profunda dos alunos. Carvalho (2006) defende que sequências de ensino investigativo estimulam a autonomia e o pensamento crítico, permitindo que os estudantes formulem hipóteses, realizem experimentos e reflitam sobre os resultados.

No tocante ao uso de tecnologias, Papert (1993) propõe o construcionismo como uma extensão prática do construtivismo, onde o aprendizado ocorre através da construção ativa de artefatos digitais. Ele argumenta que as ferramentas digitais são fundamentais para criar ambientes de aprendizado dinâmicos e interativos, especialmente em temas complexos como os modelos atômicos. Papert afirma que “a aprendizagem é mais eficaz quando é ativa e construtiva”, e as tecnologias digitais desempenham um papel central na facilitação desse processo.

Embora o uso de IAs em contextos educacionais tenha avançado, há lacunas significativas na integração dessas tecnologias em sala de aula para fomentar a investigação científica. Estudos recentes destacam a necessidade de explorar como as IAs podem apoiar o aprendizado colaborativo e o desenvolvimento de competências sociais, além do aprendizado individual.

Jean Piaget destaca a importância das atividades manipulativas e da exploração ativa do ambiente no desenvolvimento cognitivo. Segundo Piaget, o conhecimento é construído continuamente mediante experiências concretas e resolução de problemas. Ele argumenta que, ao permitir que os alunos experimentem, cometam erros e os corrijam, o ensino investigativo promove um aprendizado mais profundo e significativo. Piaget enfatiza que essas atividades auxiliam os alunos a desenvolver habilidades críticas de pensamento e compreensão.

As atividades investigativas são cruciais para o desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia dos alunos. Elas os envolvem em processos ativos de descoberta e resolução de problemas, promovendo uma aprendizagem mais significativa e duradoura. Papert (1993) reforça que a aprendizagem ativa, mediada por ferramentas digitais, enriquece o processo educativo, tornando-o mais envolvente e eficaz.

As IAs oferecem possibilidades únicas para enriquecer o aprendizado, proporcionando simulações complexas e visualizações interativas que dificilmente seriam alcançadas por métodos tradicionais. A literatura contemporânea sublinha que a utilização de IAs no ensino investigativo não somente facilita a compreensão de conceitos abstratos, mas também prepara os alunos para enfrentar um mundo cada vez mais tecnológico, promovendo competências essenciais para o século XXI, como o domínio de tecnologias avançadas, colaboração em ambientes digitais e resolução criativa de problemas.

O foco deste trabalho na criação de modelos atômicos com o auxílio de IAs exige uma compreensão aprofundada dos conceitos fundamentais de química e física. A modelagem atômica é essencial no ensino de ciências, ao permitir que os alunos visualizem e compreendam a estrutura da matéria concretamente. As IAs enriquecem esse processo, oferecendo simulações interativas e visualizações dinâmicas que facilitam a compreensão de modelos atômicos e suas aplicações práticas.

A criação de novos modelos atômicos que abordam as limitações dos modelos anteriores representa uma inovação no ensino de ciências. A análise crítica dos modelos tradicionais, como os de Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr e o modelo da mecânica quântica, serve de base para a formulação de modelos mais robustos e explicativos. Com o uso de IAs, é possí-

vel simular cenários complexos que os modelos tradicionais não explicam adequadamente, proporcionando uma aprendizagem mais interativa e profunda.

O trabalho destaca que a integração das teorias de Piaget com a abordagem construcionista de Papert, aliada às sequências de ensino investigativo propostas por Carvalho e ao uso de IAs, oferece uma contribuição significativa para a educação em ciências, preparando os alunos para um futuro tecnológico e colaborativo.

II.2. METODOLOGIA

A presente pesquisa foi conduzida utilizando uma abordagem metodológica mista, combinando elementos qualitativos e quantitativos para explorar a compreensão dos alunos sobre modelos atômicos e o uso de inteligências artificiais (IAs) no ensino de ciências. Tipo de Pesquisa

Optou-se por uma abordagem mista devido à necessidade de explorar tanto a percepção qualitativa dos alunos sobre os modelos atômicos quanto dados quantitativos que pudessem ser analisados para medir a eficácia do uso de IAs na aprendizagem. Participantes e Ambiente de Estudo

Os participantes foram alunos da 1ª série do ensino médio, totalizando 42 estudantes, divididos em grupos. O ambiente de estudo foi uma sala de aula equipada com dispositivos tecnológicos, incluindo computadores e acesso a ferramentas de IA. Procedimentos de Coleta de Dados

Inicialmente, os alunos foram divididos em grupos, cada um designado a estudar um modelo atômico específico. Utilizando IAs, os grupos criaram vídeos, imagens interativas e narrações que contavam a história e as características de cada modelo. Aprofundaram-se nas limitações dos modelos para compreender suas deficiências e implicações.

Após essa etapa inicial, foi aplicado um questionário para aprofundar a investigação. As perguntas foram projetadas para incentivar os alunos a refletirem sobre as limitações dos modelos atômicos estudados e a desenvolverem soluções hipotéticas para superá-las. As perguntas incluídas foram:

- Qual é a principal limitação do modelo ao tentar explicar a formação de compostos químicos? Formule uma hipótese sobre como o modelo explicaria a união dos átomos em uma molécula de água (H_2O). Em seguida, refute essa hipótese com base em descobertas científicas posteriores.
- Imagine um novo modelo atômico que supere as limitações dos modelos existentes. Quais características esse modelo deveria ter?
- Por que o modelo não consegue explicar completamente a estabilidade dos átomos? Crie uma hipótese sobre como o modelo explicaria a formação de um íon positivo (cátion). Depois, refute essa hipótese com base em experimentos e teorias posteriores.
- Como o modelo é aplicado em tecnologias modernas, como a nanociência e a medicina nuclear? Proponha uma hipótese sobre como o modelo pode ser utilizado para explicar o funcionamento de uma tecnologia moderna. Refute essa hipótese discutindo a necessidade de modelos mais avançados para uma compreensão completa.

Técnicas de Análise de Dados

As respostas foram analisadas qualitativamente para identificar padrões de entendimento e pensamento crítico. Também foi realizada uma análise quantitativa das respostas para medir a eficácia da integração de IAs no processo de aprendizagem. Justificativa da Escolha Metodológica e Limitações

A escolha por uma abordagem mista foi justificada pela necessidade de obter uma visão abrangente e detalhada sobre o impacto das IAs no ensino de modelos atômicos. Uma possível limitação da metodologia é o viés introdutório dos alunos ao uso de tecnologias avançadas, o que pode ter influenciado suas respostas e compreensão inicial dos conceitos.

II.3. RELATO DE EXPERIÊNCIA

II.3.1 Contexto da Experiência

A experiência foi realizada em uma sala de aula do ensino médio, com estudantes divididos em cinco grupos para explorar criticamente os modelos atômicos e suas limitações. O objetivo era incentivar a reflexão sobre os limites dos modelos existentes e a necessidade de avanços científicos para explicações mais precisas da estrutura da matéria. O trabalho se baseou na elaboração e refutação de hipóteses sobre ligações químicas e interações atômicas, promovendo o pensamento crítico e investigativo. Sequência de Atividades e Recursos Utilizados

Inicialmente, cada grupo estudou sobre um modelo atômico específico. Utilizando inteligência artificial, os estudantes contaram a história do modelo de forma animada, produzindo vídeos com animações e narração automatizada. No segundo momento, realizaram atividades sobre todos os modelos atômicos, consolidando o aprendizado de maneira abrangente.

Posteriormente, foi proposta uma atividade investigativa desafiadora: os estudantes deveriam utilizar ferramentas de inteligência artificial para desenvolver um novo modelo atômico fictício. Para isso, seguiram um roteiro baseado nos passos de uma atividade investigativa, formulando hipóteses e refutando suas ideias com base nos conhecimentos adquiridos. Algumas questões-chave direcionaram esse processo, estimulando a criatividade e o pensamento científico. Dificuldades Encontradas e Soluções Adotadas

Os alunos inicialmente apresentaram dificuldade em compreender conceitos avançados de mecânica quântica e teoria dos orbitais. Para facilitar a compreensão, foram utilizados exemplos práticos e analógicos, como comparações entre os orbitais eletrônicos e os diferentes andares de um prédio, além da modelagem digital de orbitais. Alunos com maior domínio do tema auxiliaram seus colegas por meio de discussões em grupo, promovendo a colaboração no aprendizado. Percepções e Reações dos Participantes

Os alunos demonstraram interesse na atividade, principalmente ao perceberem que modelos atômicos clássicos, como o de Bohr, são insuficientes para explicar fenômenos modernos. Algumas reflexões dos alunos incluíram:

- “A principal limitação do modelo de Bohr na explicação da formação de compostos químicos é sua inadequação em descrever interações eletrônicas complexas e a distribuição de elétrons em átomos mais complexos.”

- “A formação da molécula de água não pode ser explicada apenas pela simples interação entre elétrons e núcleos atômicos; é necessário considerar a teoria dos orbitais moleculares.”
- “Um novo modelo atômico deveria ser dinâmico, integrar a mecânica quântica e prever propriedades químicas com alta precisão.”
- “A hipótese de que os átomos perdem elétrons para formar íons positivos de maneira simples foi refutada pelos estudos da teoria quântica.”
- “A aplicação dos modelos atômicos na nanociência exige compreensões avançadas, como o comportamento dos elétrons em níveis de energia quantizados.”
- “A interação entre átomos para a formação de compostos químicos deve levar em conta não apenas os elétrons da camada de valência, mas também a influência das forças intermoleculares e da ressonância eletrônica.”
- “A estabilidade dos átomos em uma ligação covalente depende não apenas do compartilhamento de elétrons, mas também da distribuição dos orbitais híbridos, conforme proposto pela teoria da hibridização.”
- “Para uma abordagem mais precisa da ligação iônica, é necessário considerar o efeito do raio iônico e da energia de ionização na estabilidade do composto formado.”

II.3.2 Avaliação da Experiência

A experiência atingiu seus objetivos ao estimular os alunos a questionarem modelos clássicos e propor explicações mais avançadas. A abordagem investigativa permitiu maior engajamento e compreensão dos conceitos químicos. A interação entre os grupos foi fundamental para consolidar o aprendizado, e a inclusão de exemplos práticos auxiliou na compreensão de conceitos complexos. No futuro, a experiência poderia ser enriquecida com simulações computacionais para melhor visualização dos orbitais eletrônicos e ligações químicas.

III. CONCLUSÃO

A experiência relatada demonstrou a eficácia de uma abordagem investigativa aliada ao uso de inteligência artificial para o ensino de modelos atômicos e formação de compostos químicos. Os principais resultados evidenciaram que os estudantes não apenas compreenderam os modelos atômicos históricos, mas também desenvolveram senso crítico ao questioná-los e propor novas interpretações. A produção de vídeos animados e a criação de um modelo atômico fictício incentivaram a autonomia, a criatividade e a argumentação científica dos alunos, consolidando o aprendizado de maneira inovadora e interativa.

Além disso, a experiência teve um impacto significativo no engajamento dos estudantes, que demonstraram maior interesse e envolvimento ao perceberem a evolução do conhecimento científico e a aplicabilidade dos modelos atômicos. A reflexão sobre as limitações dos

modelos clássicos e a necessidade de novas abordagens para explicar fenômenos químicos complexos reforçou a importância do pensamento científico na construção do conhecimento.

Para futuras práticas educacionais, sugere-se a ampliação do uso de simulações computacionais interativas, permitindo que os estudantes visualizem em tempo real as interações atômicas e moleculares. Além disso, a incorporação de debates entre grupos poderia estimular ainda mais a argumentação e o aprofundamento conceitual. Outra possibilidade seria a integração da atividade com estudos experimentais em laboratório, aproximando teoria e prática.

Por fim, a experiência reafirma a relevância de metodologias ativas no ensino de química, especialmente ao associar a investigação científica ao uso de tecnologias emergentes. A utilização da inteligência artificial se mostrou uma ferramenta poderosa para potencializar o aprendizado, tornando o ensino mais dinâmico e alinhado às demandas do século XXI. Assim, este trabalho contribui para a área educacional ao demonstrar que estratégias inovadoras podem tornar o ensino de conceitos abstratos mais acessível e envolvente.

Inclua o conteúdo de sua seção aqui.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. *O Ensino de Ciências e a Proposição de Sequências de Ensino Investigativo*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

PAPERT, Seymour. *A Máquina das Crianças: Repensando a Escola na Era da Informática*. Porto Alegre: Artmed, 2008.

BARUTEAU et al. (2014) in: *Protoplanetary Disks and Stars VI*, University of Arizona Press, 667.

OLIVEIRA, Maria Coleta F. A mediação pedagógica e o ensino investigativo nas aulas de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 12, n. 2, 2012.
