ISSN: 2358-8829

SEQUÊNCIA DIDÁTICA: ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR E VETORES POR MEIO DA MODELAGEM MOLECULAR

Francisca Débora Morais de Carvalho [1]
Jonathan Alves Rebouças [2]

INTRODUÇÃO

O ensino em Ciências da Natureza frequentemente esbarra em barreiras de abstração que dificultam a internalização de conceitos fundamentais, gerando desinteresse e baixo desempenho acadêmico (Ausubel, 2003). Nos cursos de Licenciatura em Química, é comum que conteúdos de suporte matemático e físico, como vetores e produto escalar abordados em Física Geral I, sejam percebidos pelos discentes como saberes isolados, sem conexão direta com a sua formação específica. Superar essa fragmentação exige o planejamento de estratégias de ensino intencionais que promovam a articulação entre as disciplinas. Sob a ótica da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, a construção do conhecimento ocorre quando novos conceitos se ancoram de forma não arbitrária em subsunções preexistentes na estrutura cognitiva do aluno. Complementarmente, Antoni Zabala (1998) argumenta que a prática educativa ganha sentido quando organizada por meio de sequências didáticas estruturadas, as quais permitem encadear atividades que trabalham de forma integrada os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo propor, detalhar e discutir a aplicação de uma Sequência Didática (SD) fundamentada na modelagem molecular tridimensional, utilizando o software de código aberto Avogadro como ferramenta integradora na disciplina de Física Geral I do curso de Licenciatura em Química do IFCE – Campus Iguatu. Metodologicamente, a pesquisa adota a abordagem de estudo de caso com caráter qualiquantitativo, estruturando a intervenção pedagógica em etapas sequenciais que vão desde a construção virtual de moléculas até a medição de comprimentos e ângulos de ligação via produto escalar, culminando na elaboração de relatórios investigativos por parte dos estudantes.

A proposta fundamenta-se na premissa de que a estruturação da SD em momentos articulados pode favorecer a visualização espacial de grandezas vetoriais, atuando como um

[1] Graduando do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceara - IFCE, franciscadebora0@gmail.com;
[2] Professor orientador: Doutor, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceara - IFCE, jalvesreboucas@ifce.edu.br;

ISSN: 2358-8829

subsunçor eficaz para a ancoragem do conteúdo físico-químico. Sob a perspectiva político-pedagógica de Paulo Freire, a integração de ferramentas digitais no cotidiano acadêmico não deve ser neutra ou meramente instrumental, mas sim parte de uma metodologia de apoio que parte da vivência concreta e da realidade dos alunos para promover a autonomia e a leitura crítica do mundo. Espera-se que a intervenção traga reflexos diretos na dinâmica de ensino, contribuindo para a resolução de problemas formais de física, o suporte conceitual para tópicos avançados de cálculo e a iniciação dos licenciandos à comunicação científica.

Considera-se, portanto, que a formalização da Sequência Didática apresentada constitui um produto pedagógico viável e replicável. Ela não apenas dota os futuros professores de recursos tecnológicos alinhados à realidade digital, mas também materializa a interdisciplinaridade no currículo, oferecendo caminhos concretos para mitigar os desafios históricos do ensino das ciências.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

A presente pesquisa adota a abordagem de estudo de caso com caráter qualiquantitativo (Ventura, 2007; Souza; Kerbauy, 2017) , buscando integrar dados objetivos e subjetivos para analisar a eficácia da intervenção pedagógica. O estudo foi desenvolvido com os estudantes matriculados na disciplina de Física Geral I do curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – Campus Iguatu.

Do ponto de vista instrumental e técnico, a intervenção pedagógica estruturou-se em etapas sequenciais com o apoio do software de modelagem molecular Avogadro, uma ferramenta livre e de código aberto para visualização tridimensional. Na primeira etapa, foi realizada uma introdução teórica relacionando ligações químicas e geometria molecular a grandezas vetoriais. Na segunda etapa, cada estudante recebeu uma molécula específica para construir e otimizar no software, realizando paralelamente uma pesquisa bibliográfica para coletar dados de literatura referentes a distâncias e ângulos de ligação. Na terceira etapa, os discentes aplicaram o formalismo vetorial e o cálculo do produto escalar para determinar ângulos interatômicos com base nas coordenadas espaciais obtidas no programa.

Como instrumento para a coleta de dados, os estudantes elaboraram um relatório individual detalhando a comparação entre os dados da literatura, as medições virtuais e os cálculos vetoriais. Além disso, foi aplicado um questionário estruturado via plataforma *Google Forms*, composto por questões de múltipla escolha e perguntas abertas, validado previamente por meio de etapa de pré-teste. O instrumento teve como foco avaliar a percepção discente sobre

ISSN: 2358-8829

o uso do *Avogadro* como recurso pedagógico, o impacto na compreensão dos conceitos de vetores e a estrutura global da atividade. Os dados qualitativos foram analisados por meio da categorização das respostas dos relatórios e questionários, enquanto os dados quantitativos receberam tratamento estatístico descritivo básico para dimensionar o alcance da proposta.

Como alternativa metodológica e para assegurar a exequibilidade da Sequência Didática em contextos de vulnerabilidade tecnológica ou de indisponibilidade temporária de laboratórios de informática, a pesquisa contemplou também uma vertente analógica complementar. Nesses cenários, os estudantes foram orientados a construir modelos moleculares físicos tridimensionais de forma artesanal (utilizando materiais alternativos como esferas de isopor e varetas), aplicando réguas, esquadros e transferidores diretamente sobre as estruturas físicas para a mensuração manual de comprimentos de ligação e ângulos interatômicos. Essa abordagem tátil e visual não apenas garante a continuidade do processo pedagógico diante de eventuais limitações de infraestrutura computacional, mas também enriquece a compreensão espacial por meio da manipulação direta e geométrica do objeto de estudo.

REFERENCIAL TEÓRICO

A fundamentação teórica desta pesquisa consolida-se na articulação entre as teorias cognitivas da aprendizagem, os princípios da didática crítica e a inserção instrumental das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) na formação docente. O eixo estruturante da aprendizagem apoia-se na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Segundo esse autor, a aquisição de novos conhecimentos não ocorre de maneira arbitrária, mas exige que o aprendiz ancore os novos conteúdos em ideias preexistentes e relevantes em sua estrutura cognitiva, denominadas subsunçores (Ausubel, 2003). No âmbito da Licenciatura em Química, conceitos previamente consolidados sobre ligações químicas e geometria molecular funcionam como subsunçores essenciais para a assimilação de grandezas físico-matemáticas abstratas, a exemplo de vetores e do produto escalar.

Contudo, para que essa ancoragem significativa se efetive na prática pedagógica, faz-se necessária uma mediação intencional e planejada. Sob a perspectiva de José Carlos Libâneo (2013), a didática desempenha um papel central na organização do ensino, destacando que a assimilação dos conteúdos científicos deve superar o caráter meramente mecânico e reprodutivo, estimulando o pensamento operatório e crítico dos estudantes. Complementarmente, Antoni Zabala (1998) argumenta que a transposição didática adquire sentido quando estruturada por meio de sequências de atividades articuladas. Essa organização

ISSN: 2358-8829

permite encadear conteúdos conceituais, procedimentais e actitudinais, garantindo que os licenciandos percebam a funcionalidade e a aplicabilidade prática dos saberes abordados.

Partindo dessa pespectiva, Paulo Freire (1996, 2011) defende que a prática educativa deve valorizar a vivência e o saber cotidiano dos educandos, utilizando os recursos disponíveis em seu entorno como elementos de mediação para a construção da autonomia e do pensamento crítico. A inserção das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) e de softwares de modelagem nas Sequências Didáticas adquire sentido pedagógico justamente quando se constitui como uma metodologia de apoio enraizada na realidade dos estudantes, transformando o laboratório virtual em um espaço onde a teoria matemática e a representação química dialogam com a experiência concreta da turma.

Nessa direção, a integração das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) atua como um recurso de mediação didática indispensável para transpor as barreiras de visualização inerentes aos níveis microscópicos e subatômicos das Ciências da Natureza (Libâneo, 2013). O uso de ferramentas computacionais estimula o raciocínio espacial e lógico, mitigando a abstração excessiva que historicamente dificulta a compreensão de fenômenos físicos e químicos (Borges, 1999; Gomes; Franco; Rocha, 2020).

Dentre as inovações aplicáveis, o software de modelagem molecular Avogadro destaca-se como um ambiente virtual gratuito e de código aberto que possibilita a construção e a manipulação tridimensional de estruturas moleculares. Suas funcionalidades permitem mensurar comprimentos de ligação — tratados formalmente como grandezas vetoriais — e calcular ângulos interatômicos por meio do produto escalar das coordenadas espaciais. Desse modo, a ferramenta cumpre o papel de laboratório integrador, unindo a representação espacial da Química ao formalismo físico-matemático, fundamentando empiricamente uma prática docente alinhada à inovação tecnológica e à aprendizagem substantiva.

Além da mediação tecnológica e conceitual, a elaboração de sequências didáticas no ensino de ciências exige um olhar atento à inclusão e à acessibilidade, garantindo que estudantes com deficiência visual possam acessar o conhecimento científico. A utilização de softwares gráficos, embora promissora, apresenta barreiras de acessibilidade inerentes à sua interface visual. Por isso, a prática pedagógica inclusiva deve incorporar tecnologias assistivas, como leitores de tela e descrições textuais/auditivas estruturadas, que permitam a interpretação de coordenadas moleculares e grandezas vetoriais por meio de caminhos alternativos de percepção (Sasseron, 2015; MEC, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ISSN: 2358-8829

A aplicação da Sequência Didática (SD) fundamentada na modelagem molecular por meio do software Avogadro permitiu observar, a partir da análise quali-quantitativa dos relatórios individuais e dos questionários aplicados aos licenciandos em Química, desdobramentos importantes no processo de ensino-aprendizagem. Os dados coletados revelaram que a estratégia de conectar a geometria espacial das moléculas ao formalismo vetorial e ao produto escalar gerou impactos diretos na compreensão conceitual dos estudantes. Em consonância com a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, constatou-se que o uso das estruturas moleculares conhecidas funcionou efetivamente como um subsunçor . Os estudantes relataram que visualizar as ligações químicas como vetores espaciais facilitou a transição do nível macroscópico e representacional para o nível matemático abstrato. Essa aproximação reduziu a resistência inicial em relação aos conteúdos de Física Geral I, corroborando os apontamentos de José Carlos Libâneo (2013) sobre a importância da mediação didática na superação de barreiras de abstração nas Ciências da Natureza.

Além disso, a análise qualitativa das respostas evidenciou reflexos pedagógicos expressivos que dialogam com a perspectiva de Antoni Zabala (1998) acerca da funcionalidade dos conteúdos. Um dos principais eixos identificados foi a facilidade na transferência de conhecimento, visto que os discentes relataram que a visualização tridimensional e o cálculo de ângulos via produto escalar auxiliaram diretamente na resolução de problemas formais e avaliativos na própria disciplina de Física. Adicionalmente, observou-se uma percepção de coesão curricular, com estudantes destacando que a compreensão de coordenadas espaciais e grandezas vetoriais auxiliou no entendimento de tópicos avançados de Cálculo, o que demonstra a eficácia da SD em articular diferentes saberes da formação docente. Outro ponto relevante foi a iniciação científica e a escrita acadêmica, uma vez que a elaboração dos relatórios individuais constituiu, para parte da turma, o primeiro contato estruturado com a redação fundamentada em dados da literatura.

Por fim, no que tange à acessibilidade e à inclusão, os registros e debates evidenciaram uma contradição preocupante no uso de TICs educacionais: infelizmente, grande parte dos programas e softwares gráficos tridimensionais disponíveis ainda carece de compatibilidade com leitores de tela e recursos de acessibilidade. Essa lacuna técnica impõe barreiras perceptivas e de navegação intransponíveis para estudantes com deficiência visual, limitando sua autonomia no manuseio de coordenadas moleculares e no cálculo de grandezas vetoriais. Esse panorama reforça que a inserção de tecnologias no ensino superior não pode ser acrítica, ela exige o desenvolvimento e a cobrança de ferramentas acessíveis, bem como a incorporação

ISSN: 2358-8829

planejada de tecnologias assistivas e descrições textuais ou auditivas estruturadas nas sequências didáticas. Somente assim é possível garantir, em consonância com as diretrizes educacionais e os princípios de uma formação docente democrática, que o formalismo científico e a modelagem molecular sejam verdadeiramente acessíveis a todos os licenciandos, independentemente de suas condições sensoriais (MEC, 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa demonstrou que a estruturação de uma Sequência Didática (SD) fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e na didática crítica de José Carlos Libâneo e Antoni Zabala constitui uma alternativa pedagógica sólida para mitigar as barreiras de abstração no ensino superior em Ciências da Natureza. Ao integrar o software livre Avogadro às aulas de Física Geral I do curso de Licenciatura em Química do IFCE – Campus Iguatu, evidenciou-se a viabilidade de conectar a representação espacial e molecular ao formalismo vetorial e ao cálculo do produto escalar, transformando conceitos abstratos em saberes funcionais e significativos para os futuros professores.

Em diálogo com as análises teóricas desenvolvidas ao longo deste estudo, constatou-se que a mediação pedagógica por meio de TICs cumpre seu papel formativo quando articulada a uma organização intencional do ensino, superando o caráter meramente reprodutivo e estimulando o pensamento operatório. No entanto, a prospecção da aplicação empírica dessa metodologia para a comunidade científica também revelou limites e gargalos estruturais cruciais, sobretudo ao evidenciar que a maioria dos softwares gráficos tridimensionais ainda carece de compatibilidade com leitores de tela e tecnologias assistivas, o que restringe a autonomia de estudantes com deficiência visual.

Desse modo, abre-se um campo fértil e urgente para a necessidade de novas pesquisas e desdobramentos práticos na área, voltados tanto ao desenvolvimento de interfaces acessíveis quanto à criação de estratégias multimodais (táteis e auditivas) que integrem a modelagem molecular à educação inclusiva. Conclui-se, portanto, que a Sequência Didática apresentada se consolida como um produto pedagógico viável e replicável, apontando que a inovação tecnológica no ensino de ciências deve caminhar obrigatoriamente pari passu com a acessibilidade universal e a práxis docente reflexiva.

Palavras-chave: Sequência Didática, Ensino de Química, Vetores, Modelagem Molecular, Avogadro.

ISSN: 2358-8829

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, Marli E. D. A.; ALMEIDA, Patrícia Albieri; AMBROSETTI, Neusa Banhara; et al. O papel do professor formador e das práticas de licenciatura sob o olhar avaliativo dos futuros professores. **Revista Portuguesa de Investigação Educacional**, [S. l.], n. 12, p. 101-123, 2012.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BAPTISTA, C. R. et al. **Inclusão e escolarização**: múltiplas perspectivas. 2. ed. Porto Alegre: Mediação, 2015.

BASTOS, Daniel de Mesquita. **Uso de objetos de aprendizagem no estudo de geometria molecular no ensino médio**. 2016. 52 f. TCC (Licenciatura em Química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

BORGES, H. Uma classificação sobre a utilização do computador pela escola. **Revista Educação em Debate**, Fortaleza, v. 1, n. 27, p. 135-138, 1999.

BRASIL. Conselho Nacional da Educação. Câmara de Educação Básica. **Resolução nº 2, de 11 de setembro de 2001**: Diretrizes Nacionais para Educação Especial na Educação Básica. Diário Oficial da União, Brasília, 14 set. 2001. Seção 1E, p. 39-40.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). **Saberes e práticas da inclusão**: desenvolvendo competências para o atendimento às necessidades educacionais de alunos com deficiência visual. Brasília: MEC/SEESP, 2008.

CASTRO, P. A.; SOUSA ALVES, C. O. Formação Docente e Práticas Pedagógicas Inclusivas. **E-Mosaicos**, v. 7, p. 3-25, 2019.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 50. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

GOMES, Erica Cupertino; FRANCO, Xaieny Luiza de Sousa Oliveira; ROCHA, Alexsandro Silvestre da. **Uso de simuladores para potencializar a aprendizagem no ensino de Física**. Palmas: Eduft, 2020.

LIBÂNEO, José Carlos. **As orquestrações dos sentidos**: a aprendizagem e o ensino na escola. São Paulo: Cortez, 2013.

PEÇANHA, Lorena Cordeiro. **O uso de softwares como recurso pedagógico no ensino de química**. 2025. 25 f. TCC (Pós-Graduação *lato sensu* Informática na Educação) - Instituto Federal do Espírito Santo - Cefor, Vitória, 2025.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica, ensino por investigação e a argumentação: relações para a sala de aula de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, n. esp., p. 49-67, 2015.

SOUZA, Kellcia Rezende; KERBAUY, Maria Teresa Miceli. Abordagem quanti-qualitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação. **Educação e Filosofia**, Uberlândia, v. 31, n. 61, p. 21-44, jan./abr. 2017.

VENTURA, Magda Maria. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, p. 383-386, set./out. 2007.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa**: como ensinar. Tradução de Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.