

REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DE MODELOS ATÔMICOS: UMA ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DOS ESTUDANTES

Yago C. Vasconcelos[1*], Thalles W. S. Oliveira[1], Wildson M. B. Silva[1], Dráulio S. Silva[1].

[1]Universidade Estadual Vale do Acaraú, UVA, Sobral, Ceará, Brasil.
**vasconcelosyago223@gmail.com*

Palavras-Chave: PIBID, Química, Tecnologias Educacionais.

Eixo Temático: 10 - Educação e Ensino de Química, Divulgação Científica e Inovação.

Introdução

O ensino de química enfrenta historicamente o desafio de transpor barreiras abstratas, especialmente no que tange à compreensão do nível submicroscópico da matéria. De acordo com a clássica Tríade de Johnstone, o pensamento químico opera de forma interdependente em três níveis: o macroscópico (fenômenos visíveis e concretos), o simbólico (fórmulas, equações e representações matemáticas) e o submicroscópico (partículas, átomos e moléculas) (Johnstone, 2000). O estudo dos modelos atômicos, conteúdo estruturante da química geral, localiza-se majoritariamente no campo submicroscópico, exigindo dos estudantes uma capacidade de visualização espacial que as ferramentas didáticas tradicionais, como o quadro e o livro bidimensional, não conseguem suprir plenamente (Cabero-Almenara; Llorente-Cejudo; Martín-Párraga, 2023). Essa desconexão entre os níveis de representação costuma gerar obstáculos epistemológicos, tornando urgente a inserção de estratégias pedagógicas que tornem o invisível visualizável (Pereira et al., 2017).

Nesse cenário, as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs), especificamente a Realidade Aumentada (RA), consolidam-se como aliadas indispensáveis para materializar o nível submicroscópico. A literatura recente aponta que a união entre elementos físicos e projeções virtuais potencializa a aprendizagem significativa (Santos et al.,2023). Como resposta a essa demanda, este trabalho apresenta um aplicativo autoral de realidade aumentada para dispositivos móveis, cuja dinâmica fundamenta-se na utilização de marcadores físicos que atuam como uma interface tangível de alta resposta. Ao projetar o modelo atômico tridimensional diretamente acima do marcador, a ferramenta permite que o aluno utilize as próprias mãos ou a mesa de estudo para mover, rotacionar e observar a estrutura sob todos os ângulos possíveis. Essa manipulação física de um objeto virtual encurta a distância entre o macroscópico e o submicroscópico, estimulando a coordenação motora fina e a percepção espacial do estudante (Cabero-Almenara; Gallego; Llorente-Cejudo, 2025).

Além da visualização tridimensional e da interatividade mecânica, a ferramenta incorpora o princípio da multimodalidade no ensino de ciências. Ao interagir com a interface na tela do dispositivo móvel e clicar sobre o modelo atômico projetado, o estudante tem

acesso a textos explicativos e a uma descrição em áudio que detalham as características históricas e científicas daquele modelo específico. Essa convergência entre estímulos visuais, verbais, táteis e auditivos enriquece a experiência cognitiva, atendendo a diferentes estilos de aprendizagem e abrindo caminhos fundamentais para a inclusão e a acessibilidade em sala de aula (Sousa et al., 2021).

A implementação dessas inovações ganha robustez quando articulada a programas de formação docente, como o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID). O PIBID funciona como um elo essencial entre a pesquisa acadêmica da universidade e a prática real da escola pública, configurando-se no ambiente ideal para a testagem de metodologias ativas e tecnologias autorais (Nascimento et al., 2024). Todavia, para além de validar a eficiência técnica do aplicativo, faz-se necessário investigar qualitativamente a visão e a aceitação dos próprios alunos em relação a essa dinâmica interativa.

Frente a isso, o presente trabalho justifica-se pela relevância de propor soluções tecnológicas viáveis, interativas e multimodais para a educação básica. O objetivo deste estudo foi desenvolver um aplicativo autoral de realidade aumentada baseado em marcadores manipuláveis e recursos de áudio e texto voltado ao ensino de modelos atômicos e, fundamentalmente, investigar de forma qualitativa as percepções e facilidades (ou desafios) dos estudantes de Ensino Médio a respeito dessa intervenção pedagógica realizada no âmbito do PIBID.

Material e Métodos

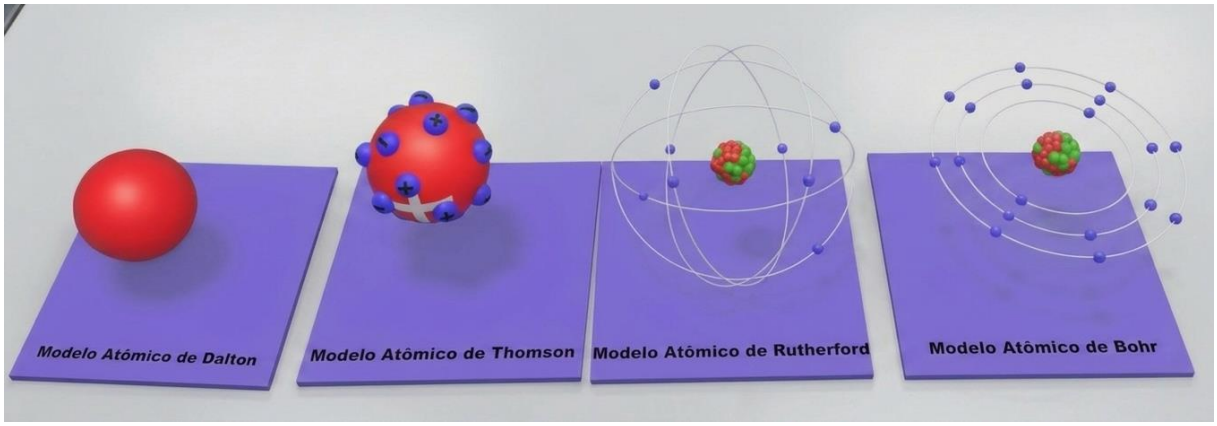
O presente estudo configura-se como uma pesquisa de natureza mista (quanti-qualitativa) com caráter descritivo, desenvolvida no âmbito do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência. A intervenção pedagógica foi realizada em uma escola pública da rede estadual de ensino localizada no município de Sobral - CE. Participaram da atividade 24 estudantes matriculados no 2º ano do Ensino Médio, ocorrendo durante o horário regular da disciplina de química, contando com a colaboração ativa dos pibidianos e da professora regente da turma.

A etapa de desenvolvimento tecnológico compreendeu a criação autoral de um aplicativo de Realidade Aumentada voltado ao ensino de modelos atômicos. Os modelos tridimensionais e suas respectivas animações dinâmicas foram modelados e renderizados no *software* Blender (Blender Foundation, 2024). A integração dos elementos virtuais, a programação das funções interativas (recursos de áudio e texto explicativo) e a compilação final do aplicativo foram executadas na *engine* Unity (Unity Technologies, 2023). Durante a intervenção, o aplicativo foi instalado e executado diretamente nos *smartphones* dos próprios alunos e dos bolsistas do PIBID que auxiliavam no suporte técnico e pedagógico, utilizando marcadores físicos impressos como interface tangível para a projeção das estruturas.

A dinâmica da intervenção estruturou-se em dois momentos principais: inicialmente, realizou-se uma breve introdução conceitual sobre a evolução histórica dos modelos atômicos

(Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr); em seguida, os estudantes receberam os marcadores táteis e, organizados de forma colaborativa com a mediação dos pibidianos, interagiram autonomamente com o aplicativo, movimentando, rotacionando e explorando os átomos virtuais na tela dos aparelhos, conforme exemplificado na Figura 1.

Figura 1 - Interface do aplicativo autoral de Realidade Aumentada exibindo a renderização tridimensional dos modelos atômicos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Para a coleta de dados sobre a percepção dos estudantes, utilizou-se a triangulação de métodos. Durante a execução da oficina, realizou-se a observação direta e participante por parte dos pesquisadores, registrando-se as expressões espontâneas, reações e diálogos interativos dos discentes. Ao final da intervenção, aplicou-se um questionário impresso constituído por perguntas assertivas objetivas na Escala Likert e perguntas abertas. A análise dos dados da Escala Likert foi realizada via estatística descritiva, expressa em frequências relativas. Por sua vez, o corpus qualitativo, composto pelas respostas textuais e pelos registros das expressões espontâneas, foi tratado sob a ótica da Análise de Conteúdo (BARDIN, 2016), mediante as fases de pré-análise, exploração do material e categorização temática.

Resultados e Discussão

A análise dos dados coletados ocorreu de forma integrada, permitindo cruzar as percepções quantitativas da escala Likert com as evidências qualitativas dos questionários abertos e das observações registradas. Essa abordagem metodológica combinada viabilizou uma compreensão mais ampla e aprofundada da intervenção, permitindo que as tendências percentuais fossem validadas e justificadas pelas manifestações subjetivas e vivências dos próprios participantes em sala de aula. Os dados numéricos obtidos a partir das quatro afirmativas do questionário estão sistematizados na Tabela 1.

Tabela 1 - Percepção dos estudantes quanto ao uso do aplicativo de Realidade Aumentada.

	Concordo Totalmente	Concordo Parcialmente	Neutro	Discordo Parcialmente	Discordo Totalmente
A1. A visualização em RA tornou o estudo de modelos atômicos mais interessante do que ler o livro ou ver imagens no quadro.	62,50%	25,00%	8,33%	4,17%	0,00%
A2. Sinto que aprendi o conteúdo de forma mais rápida com o aplicativo.	45,83%	33,33%	12,50%	8,33%	0,00%
A3. Acredito que a tecnologia facilita o entendimento de conceitos abstratos em comparação com métodos tradicionais.	54,17%	29,17%	12,50%	4,17%	0,00%
A4. Consegui compreender melhor o conceito de eletrosfera e órbitas eletrônicas vendo o modelo em 3D.	66,67%	20,83%	8,33%	4,17%	0,00%

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

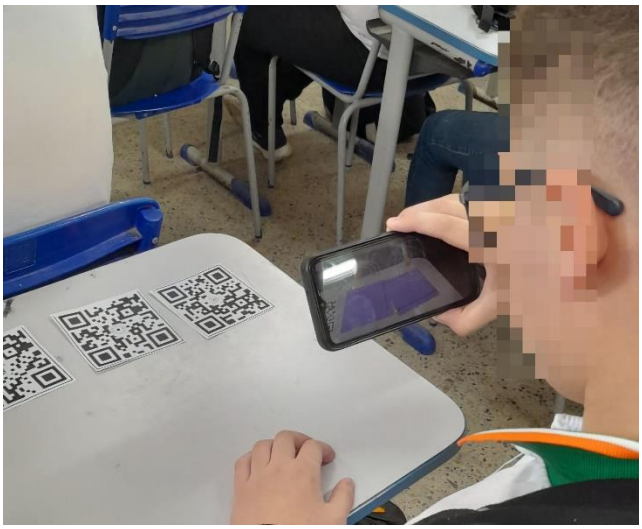
Os indicadores de atratividade e engajamento (**A1**) revelaram que a esmagadora maioria dos estudantes, 87,50%, considerou a experiência em RA superior ao uso exclusivo de livros didáticos e do quadro negro. Esse alto índice de aceitação quantitativa corrobora os achados de Garzón e Acevedo (2019), cuja meta-análise global indicou que a Realidade Aumentada exerce um impacto robusto na motivação intrínseca dos alunos ao transformar o ambiente passivo de aprendizagem em um espaço de experimentação ativa.

No que concerne à eficiência temporal (**A2**), 79,16% dos discentes sinalizaram uma percepção de aceleração no processo de aprendizagem. A literatura contemporânea explica esse fenômeno através da teoria da carga cognitiva aplicada às mídias imersivas. De acordo com Cabero-Almenara, Llorente-Cejudo e Martín-Párraga (2023), ao dispor de elementos virtuais tridimensionais que respondem em tempo real aos movimentos das mãos (relação cinestésica), o estudante reduz o esforço mental necessário para processar informações espaciais, o que otimiza o tempo de codificação na memória de longo prazo.

A facilitação na compreensão de abstrações (**A3**), assinalada positivamente por 83,34% da turma, toca no cerne do maior obstáculo epistemológico da química geral, o isolamento dos estudantes no nível macroscópico da matéria. Ao confrontar esses dados com

a clássica Tríade de Johnstone (2000), percebe-se que a tecnologia desenvolvida atuou como uma ponte semiótica eficaz, trazendo o nível submicroscópico (invisível) para a percepção visual direta dos alunos. Essa transição semiótica é materializada na tela do smartphone (Figura 2), que projeta a estrutura tridimensional sobre a superfície de estudo de forma imediata. Essa percepção numérica ganhou eco direto e categórico nos relatos qualitativos coletados pelos bolsistas, onde os discentes externaram textualmente: *"Acredito que o uso dessa tecnologia facilita o entendimento de conceitos abstratos da química melhor que o livro didático"*.

Figura 2 – Estudante interagindo com o aplicativo de Realidade Aumentada na carteira escolar.



Fonte: Registro fotográfico da pesquisa (2026).

Esse avanço ganha contornos práticos no indicador **A4**, onde 87,50% dos alunos afirmaram ter compreendido melhor os conceitos complexos de eletrosfera e órbitas eletrônicas. A transição histórica entre o modelo de Thomson (estático/maciço) e as órbitas dinâmicas de Rutherford-Bohr exige uma ginástica mental de tridimensionalidade que o papel bidimensional sabota. Ao rotacionar o modelo animado gerado no *Blender*, o estudante visualiza os nós, as trajetórias e a vacuidade do átomo, superando concepções alternativas errôneas enraizadas no ensino tradicional (SANTOS et al., 2023).

As respostas abertas e os relatos registrados pelos pibidianos convergiram massivamente para a facilidade operacional e a dinamicidade da ferramenta. A adequação da interface desenvolvida no *Unity* ficou evidente na percepção unânime dos participantes de que *"o aplicativo foi fácil de usar e interagir"*, indicando que a curva de aprendizado tecnológico não se tornou uma barreira cognitiva secundária. Livre de entraves operacionais, o encantamento visual traduziu-se em expressões espontâneas de euforia capturadas pelos

bolsistas: "Dá para ver os elétrons organizados em camadas, parece mesmo o sistema solar!" e "O núcleo é bem pequeno, tem muito espaço vazio!". O indicador mais contundente do sucesso pedagógico da proposta residiu no desejo manifesto de continuidade pelos estudantes, sintetizado em relatos como: *"Eu gostaria de utilizar este aplicativo nas outras aulas"*.

Em suma, a perfeita convergência entre as métricas quantitativas da Escala Likert e a riqueza dos relatos qualitativos consolida a eficácia pedagógica dessa tecnologia no ensino de química. A execução fluida na prática, o encantamento genuíno e o desejo de uso regular manifestado pelos estudantes de Sobral evidenciam que a tecnologia imersiva, quando bem otimizada, é uma realidade perfeitamente viável no contexto escolar e no ensino de química. Ademais, embora constitua uma abordagem ainda pouco explorada no cenário educacional contemporâneo, este modelo inicial sinaliza um potencial promissor de escalabilidade, justificando a expansão da ferramenta para o desenvolvimento de outros tópicos da própria química e de diferentes disciplinas. Dessa forma, os dados obtidos não apenas validam a superação das barreiras tradicionais de visualização do nível submicroscópico da matéria, mas fornecem a base empírica e teórica sólida para fundamentar as conclusões deste estudo, em consonância com as evidências globais sobre os múltiplos benefícios dessa tecnologia (CHANG et al., 2022).

Conclusões

O presente estudo permitiu concluir que o objetivo geral da pesquisa foi plenamente alcançado. A investigação quanti-qualitativa demonstrou que o aplicativo de realidade aumentada atuou como uma ferramenta pedagógica altamente eficaz para transpor as barreiras abstratas do ensino de modelos atômicos na educação básica. A tecnologia cumpriu com êxito o papel de ponte semiótica ao materializar de forma tridimensional e dinâmica o nível submicroscópico da matéria, especificamente os conceitos complexos de eletrosfera e órbitas eletrônicas, o que amenizou a carga cognitiva dos estudantes e acelerou a percepção de aprendizagem.

A análise da percepção dos discentes revelou elevados índices de aceitação, evidenciando que a interface desenvolvida via Unity e Blender possui excelente usabilidade e alto poder de engajamento. O fato de os estudantes manifestarem o desejo de utilizar a ferramenta de maneira regular em suas rotinas escolares indica que a intervenção pedagógica conseguiu superar um mero "efeito novidade", consolidando o aplicativo como um recurso didático produtivo e duradouro para as aulas de química.

Por fim, conclui-se que a inserção dessas tecnologias é perfeitamente viável no contexto do ensino escolar público, visto que a intervenção pedagógica transcorreu com pleno êxito, sem qualquer intercorrência técnica ou limitações de iluminação na leitura dos marcadores. Nesse cenário, a atuação mediadora dos bolsistas do PIBID consolidou-se como um suporte pedagógico proativo e harmonioso, reafirmando que a indissociabilidade entre o

design tecnológico autoral e o acompanhamento humano qualificado é o caminho ideal para democratizar o ensino de ciências inovador, dinâmico e multimodal.

Agradecimentos

À CAPES/PIBID pelo apoio institucional e concessão de bolsas, à escola estadual de Sobral - CE, à professora regente e aos estudantes pela colaboração fundamental na execução desta pesquisa.

Referências

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2016.

BLENDER FOUNDATION. **Blender**: versão 4.1. Amsterdam: Blender Foundation, 2024. Disponível em: https://www.blender.org. Acesso em: 08 mar. 2026.

CABERO-ALMENARA, J.; GALLEGO, M. R.; LLORENTE-CEJUDO, C. Realidade mista, virtual e aumentada: tecnologias para aprendizagem. **Texto Livre**, Belo Horizonte-MG, v. 18, e49561, 2025.

CABERO-ALMENARA, J.; LLORENTE-CEJUDO, C.; MARTÍN-PÁRRAGA, L. Carga cognitiva y realidad mixta (aumentada y virtual). Hachetetepé. **Revista científica de educación y comunicación**, Universidad de Cádiz, España, n. 27, p. 1–15, nov. 2023.

CHANG, H.-Y.; BINALI, T.; LIANG, J.-C.; CHIOU, G.-L.; CHENG, K.-H.; LEE, S. W.-Y.; TSAI, C.-C. Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. **Computers & Education**, v. 191, 104641, 2022.

GARZÓN, J.; ACEVEDO, J. Meta-analysis of the impact of augmented reality on students' learning gains. **Educational Research Review**, [*s. l.*], v. 27, p. 244–260, 2019.

JOHNSTONE, A. H. **Chemical education research: Where from here?** *University Chemistry Education*, v. 4, n. 1, p. 34-38, 2000.

NASCIMENTO, K. A. S. do; FIALHO, L. M. F.; NEVES, V. N. S.; COSTA, M. A. A. da; PEREIRA, A. S. M. Metodologias ativas mediadas por Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação em Programa de Pós-Graduação em Educação no pós-pandemia. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, e024043, 2024.

PEREIRA, L. T.; OLIVEIRA, D. C. B.; COUTO, I. F.; OLIVEIRA, A. M. de; SILVA, R. L. S. Uma ferramenta de Apoio ao Ensino de Cálculo com Realidade Aumentada. In: ANAIS do **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação.** [S. l.: s. n.], 2017.

SANTOS, A. S. dos; MENEZES, A. T. C. de; PAULINO, M. P.; SANTOS, E. O. dos; ANTUNES, F. Realidade virtual aplicado ao ensino de biologia: um relato de experiência em uma escola pública de ensino médio do Estado do Amazonas. **Revista Ibero-Americana de Humanidades**, Ciências e Educação, v. 9, n. 7, p. 217–225, 2023.

SOUSA, C. C.; LIMA, F. de C.; MELO, N. O.; RIBEIRO-NOVAES, E. K. D.; TELES, A. S. Augmented and virtual realities in Science teaching to students with specific educational needs at a public school in Barreirinhas-MA. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, e3910514566, 2021.

UNITY TECHNOLOGIES. **Unity**: versão 2022.3 LTS. San Francisco: Unity Technologies, 2023. Disponível em: https://unity.com. Acesso em: 03 maio. 2026.