

METAVERSO MOLECULAR: UMA METODOLOGIA SUSTENTÁVEL E IMERSIVA PARA O ENSINO DE QUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Eduardo T. Freitas¹; Gessica P. Domingues¹; Giulia B. Seixas¹; Júlia D. Bouzon^{1,2}; Nathalia S. Vernin^{3,4}

¹Instituto de Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, R. São Francisco Xavier, 524, Pavilhão Haroldo Lisboa da Cunha, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, CEP: 20550-900, eduardotostes37@gmail.com, gessicadomingues11@gmail.com, seixasgiulia@gmail.com

²Colégio Pedro II – Campus Centro. Av. Marechal Floriano, 80, Centro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, CEP: 20080-001, juliabouzon@gmail.com

³Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, R. São Francisco Xavier, 524, Pavilhão João Lyra Filho, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, CEP: 20550-900, nathalia.vernin@uerj.br

⁴Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, R. São Francisco Xavier, 524, Pavilhão Haroldo Lisboa da Cunha, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, CEP: 20550-900

Palavras-Chave: Realidade Virtual, Sustentabilidade, Escala molecular

Introdução

A educação científica no ensino básico é fundamental para a formação de cidadãos críticos, criativos e conscientes dos desafios do mundo atual. O ensino de Química, em particular, tem grande potencial para ampliar a compreensão sobre os fenômenos que nos cercam, estimulando o raciocínio lógico, a investigação científica e a resolução de problemas concretos.

Diante disso, torna-se essencial que o docente busque estratégias inovadoras que aproximem os conteúdos da realidade dos estudantes, promovendo um maior engajamento por parte dos alunos. A proposta do ensino humanizado na área de Química traz ao docente a responsabilidade de iniciar os conteúdos a partir dos conhecimentos que os discentes trazem, ou seja, partindo do saber cotidiano (Freire, 1980).

Contudo, as metodologias que se pautam apenas no conteúdo científico frequentemente não conseguem mobilizar o engajamento necessário, o que evidencia a necessidade de práticas pedagógicas inovadoras e interativas. É nesse cenário que se destacam as metodologias imersivas no universo molecular. Essas abordagens permitem que os estudantes explorem o mundo atômico como se fossem as próprias moléculas, facilitando a visualização e compreensão de conceitos como interações intermoleculares, polaridade e solubilidade, que muitas vezes são de difícil assimilação.

A relevância dessa proposta torna-se ainda mais evidente diante da realidade enfrentada por muitas escolas públicas, que carecem de infraestrutura laboratorial adequada. Segundo dados do Sistema Conexão (SEEDUC, 2025), 56% dos colégios estaduais do Rio de Janeiro não possuem laboratórios de ciências plenamente funcionais. Nessa perspectiva, a realidade virtual (RV) surge como uma poderosa ferramenta de democratização do conhecimento, proporcionando experiências educativas de alta qualidade mesmo em ambientes com recursos limitados.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo a realização de oficinas de “metaverso molecular” integradas à construção de óculos de realidade virtual com materiais sustentáveis, em escolas da rede pública do estado do Rio de Janeiro. As oficinas utilizam vídeos estereoscópicos e óculos de RV feitos a partir de materiais reutilizáveis, como papelão, não

apenas a sustentabilidade, mas também a redução de custos e o protagonismo dos estudantes no processo de aprendizagem.

Do ponto de vista técnico, existem dois principais tipos de vídeos estereoscópicos que podem ser utilizados: (i) aqueles em que a molécula permanece estática ao longo do tempo, sendo apenas a posição do observador que se altera; e (ii) aqueles que apresentam a dinâmica da molécula, ou seja, seu movimento ao longo do tempo. Nesta segunda categoria, a posição do observador pode permanecer fixa ou também variar durante a visualização.

A adoção da RV no ensino de Química representa um avanço significativo na formação tecnológica dos estudantes, oferecendo uma experiência de aprendizagem envolvente, acessível e alinhada ao universo digital no qual os jovens estão inseridos.

Destaca-se, ainda, que as ações propostas estão alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com ênfase no ODS nº 4, que visa assegurar educação de qualidade inclusiva e equitativa, e no ODS nº 12, que promove o consumo e a produção responsáveis (ONU, 2016). Ao aliar educação, tecnologia e consciência ambiental, a proposta não apenas amplia o interesse dos estudantes pelas áreas de ciência e tecnologia, mas também contribui para a formação de agentes de transformação comprometidos com um futuro mais sustentável.

Metodologia

Durante a realização das oficinas nos colégios, os estudantes foram orientados a construir óculos de RV sustentáveis. Após a construção, os óculos serviram como suporte para a visualização de vídeos estereoscópicos de moléculas. Embora o ponto alto da atividade seja a imersão no chamado “Metaverso Molecular”, a metodologia completa inclui também a etapa de geração dos vídeos estereoscópicos, a construção dos dispositivos e a apresentação dos conteúdos.

Geração dos vídeos estereoscópicos

Foram utilizados os softwares LigParGen, PLAYMOL, PACKMOL, VMD e LAMMPS. A primeira etapa para construção dos vídeos, consistiu em desenhar as moléculas no site LigParGen (<http://zarbi.chem.yale.edu/ligpargen/>) para geração de arquivos moleculares no formato PDB. Esses arquivos foram então importados no programa VMD, permitindo a definição do movimento da câmera e do tempo de simulação. A renderização dos quadros foi realizada com o software FFMPEG, e os metadados estereoscópicos foram inseridos com o uso do script “Spatial Media”, disponível no repositório do GitHub (<https://github.com/google/spatial-media.git>).

Para vídeos com dinâmica molecular, as configurações iniciais foram definidas com o PLAYMOL e o PACKMOL, otimizando o posicionamento dos átomos. As simulações foram executadas no software LAMMPS e executadas no supercomputador LOVELACE, do CENAPAD-SP. Após as simulações, os arquivos de trajetória foram abertos no VMD, e a partir desse ponto foi seguido o mesmo procedimento de renderização adotado para os vídeos estáticos.

Construção dos óculos de realidade virtual sustentáveis

A segunda etapa consistiu na confecção de óculos de RV baseados em adaptações do modelo Google Cardboard® (Figura 1). A atividade foi planejada como um momento interdisciplinar, articulando conceitos de sustentabilidade e trabalho colaborativo. Os estudantes utilizaram papelão descartado como matéria-prima principal, promovendo a consciência ambiental e a reutilização de material descartado.

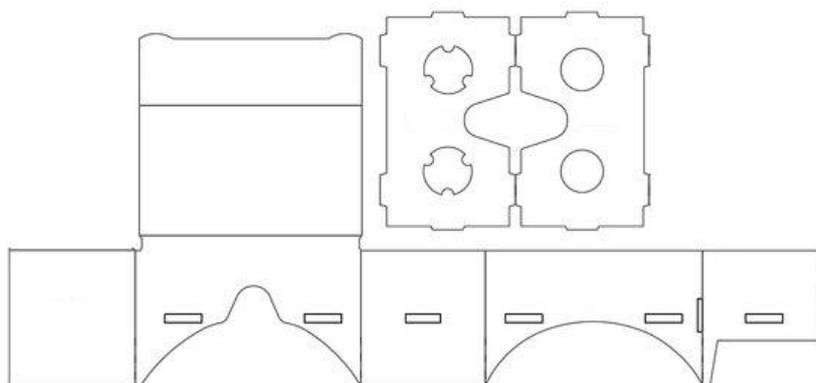


Figura 1: Molde adaptado do Google Cardboard®.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Metaverso Molecular

Os dispositivos de RV confeccionados foram acoplados a smartphones, nos quais foram exibidos vídeos estereoscópicos previamente produzidos e disponibilizados no canal do YouTube @metaversomolecular. Esses vídeos apresentam sistemas moleculares de forma imersiva, possibilitando a visualização tridimensional de conceitos abstratos da Química. A exibição dos vídeos foi contextualizada com os conteúdos abordados em sala de aula, permitindo que cada sistema fosse explorado de maneira integrada, didática e alinhada à proposta curricular.

Resultados e Discussão

Geração dos vídeos estereoscópicos

A etapa de elaboração dos vídeos demonstrou-se bem-sucedida em termos técnicos e pedagógicos. As ferramentas computacionais utilizadas atenderam aos objetivos propostos, permitindo a criação de vídeos tanto com moléculas estáticas quanto com simulações dinâmicas.

O uso da tecnologia como suporte didático contribuiu para a construção de uma abordagem pedagógica mais interativa e engajadora, alinhando-se ao que apontam estudos como o de Won et al. (2023), que destacam os benefícios do uso de tecnologias imersivas na aprendizagem de conceitos científicos.

Os vídeos estereoscópicos gerados foram: nanotubo de carbono, sacarose, maltodextrina, ácido desoxirribonucleico (DNA), trifosfato de adenosina (ATP), peptídeo de alanina, ácido eláidico, ácido oleico, triglicerídeo, bicamada lipídica, sistema dinâmico contendo NaCl e água, sistema dinâmico contendo hexano e água e fluido de Lennard-Jones (LJ). Todos estão disponíveis em <https://www.youtube.com/@MetaversoMolecular>.

Também foi realizada a geração de QR codes vinculados a cada vídeo produzido, o que facilitou significativamente o acesso ao conteúdo durante as oficinas. Essa estratégia logística demonstrou-se eficaz ao permitir que os estudantes acessassem os vídeos diretamente de seus smartphones, sem a necessidade de transferências complexas ou instalação prévia de arquivo.

Oficinas de Metaverso Molecular

As oficinas foram realizadas nas seguintes instituições de ensino:

- a) Colégio Estadual Marechal João Baptista de Mattos (CEMJBM), em Coelho Neto;
- b) Colégio Pedro II – campus Centro (CPII), no centro da cidade;
- c) Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira (CAp-UERJ), no Rio Comprido;
- e
- d) Colégio Estadual José Carlos Boaretto (CEJCB), em Paraíso.

Os três primeiros colégios estão localizados no município do Rio de Janeiro, enquanto o último está localizado no município de Macuco.

A atividade foi estruturada em dois momentos complementares: inicialmente, os estudantes participaram da construção de óculos de realidade virtual; em seguida, vivenciaram a experiência do metaverso molecular, por meio da visualização de vídeos estereoscópicos com conteúdos relacionados à Química.

A confecção dos óculos de realidade virtual foi realizada com materiais reutilizáveis, incentivando reflexões sobre sustentabilidade e práticas ambientalmente conscientes. Com o auxílio de ferramentas simples como estiletes, régua, base de corte e lápis, os estudantes desenharam, recortaram e montaram os protótipos a partir de moldes adaptados do Google Cardboard®. As lentes necessárias foram previamente fornecidas pela equipe do projeto, e, em casos pontuais de desajuste, foi utilizado cola quente para garantir a funcionalidade do dispositivo.

Apesar de alguns desafios associados à habilidade manual, a maioria dos participantes conseguiu finalizar a construção dos óculos com sucesso. O caráter coletivo da atividade promoveu a colaboração entre os estudantes, e o resultado foi, em geral, satisfatório. A Figura 2 ilustra um momento da confecção de óculos de realidade virtual sustentáveis.



Figura 2: Confecção de óculos de realidade virtual sustentáveis.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Essa etapa não apenas introduziu noções de reaproveitamento e sustentabilidade, como também representou um momento de interdisciplinaridade, ao promover o diálogo entre áreas como a física, o design e a educação ambiental. A física esteve presente nos princípios ópticos envolvidos na visualização tridimensional proporcionada pelos dispositivos de realidade

virtual. Simultaneamente, os alunos foram desafiados a recortar, montar e adaptar materiais recicláveis de maneira eficiente, o que estimulou o pensamento projetual e o desenvolvimento de habilidades manuais, aspectos fundamentais do design. Além disso, a escolha por materiais reaproveitados reforçou práticas sustentáveis e incentivou reflexões sobre consumo consciente e descarte adequado de resíduo.

Na última etapa da oficina, os dispositivos foram utilizados para visualização dos vídeos imersivos (Figura 3), acessados por meio dos QR codes distribuídos. Durante a exibição, os sistemas moleculares apresentados foram acompanhados de explicações contextualizadas, relacionadas aos conteúdos previamente discutidos em sala de aula, o que contribuiu para tornar o processo de ensino mais dinâmico e acessível.



Figura 3: Oficina de metaverso molecular no (A) CEMJBM, (B) CPII, (C) CAp-UERJ e (D) CEJCB.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em cada escola visitada, foi realizada uma avaliação inicial do conhecimento prévio dos estudantes, permitindo adequar a linguagem e a abordagem às realidades específicas de cada grupo. Essa adaptação metodológica foi essencial para garantir que o conteúdo fosse compreendido de maneira efetiva e significativa. A experiência prática e interativa favoreceu a participação ativa dos alunos, gerando perguntas, discussões e grande envolvimento durante as sessões.

Os resultados indicam que a estratégia de ensino adotada contribuiu significativamente para o desenvolvimento de competências e habilidades previstas na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, conforme estabelecido pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio. A metodologia despertou o interesse dos estudantes por temas relacionados à

ciência e à tecnologia, ampliando o engajamento em sala de aula. Especificamente, destaca-se a habilidade EM13CNT101, que propõe

analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas (Brasil, 2018).

Além disso, a abordagem despertou o interesse dos estudantes por temas ligados à ciência e à tecnologia, promovendo maior engajamento em sala de aula e incentivando discussões fundamentadas sobre questões científicas atuais. Essa dinâmica está alinhada à habilidade EM13CNT302 que propõe

comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos [...], por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação, de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental (Brasil, 2018).

Durante as oficinas, observou-se uma postura proativa dos alunos na busca por novos conhecimentos, muitas vezes extrapolando os temas abordados inicialmente. Esse comportamento reflete, segundo Soares e Garcez (2017), a eficácia de metodologias que integram práticas lúdicas e imersivas, por promoverem ambientes de aprendizagem mais ricos, motivadores e centrados no aluno. Tais abordagens também permitem ao professor uma avaliação contínua e dinâmica, favorecendo ajustes no processo de ensino conforme as necessidades da turma.

A análise qualitativa das oficinas evidencia que a interação entre os participantes e a proposta pedagógica possibilitou reflexões significativas sobre a prática docente, a motivação dos alunos, os desafios disciplinares e as possibilidades de inovação no ensino de ciências. A presença do lúdico como elemento facilitador do aprendizado contribuiu para o fortalecimento da relação professor-aluno e para a ressignificação de conceitos que, tradicionalmente, apresentam alto grau de abstração.

Com base nos relatos coletados, foi possível observar que a proposta do “Metaverso Molecular” proporcionou aos estudantes uma nova forma de enxergar a ciência, não apenas como um conjunto de conteúdos, mas como uma experiência acessível, estimulante e significativa. Essa contribuição destaca-se como um avanço no campo do ensino de química, propondo um modelo replicável que alia recursos tecnológicos, sustentabilidade e inovação pedagógica.

Conclusões

Foi realizada uma análise detalhada sobre a experiência de oferecimento da Oficina Metaverso Molecular em colégios da rede pública de ensino médio do Estado do Rio de Janeiro, investigando como essa prática pedagógica pode atuar como um mecanismo eficaz no aprendizado de química e integração dos alunos. Para a imersão no universo molecular, é essencial óculos de realidade virtual. Esses foram construídos pelos próprios alunos através de papelão, evidenciando os aspectos de acessibilidade e sustentabilidade dos óculos produzidos. Além disso, nessa etapa, o trabalho em equipe foi estimulado, promovendo comunicação e interação durante a atividade.

O contato com a oficina permitiu que os alunos observem diretamente as interações moleculares, facilitando uma compreensão mais intuitiva e prática dos princípios científicos

que regem essas interações. Também foram realizadas conexões dos sistemas apresentados com tópicos da atualidade, como mudanças climáticas. As temáticas de simulação molecular, realidade virtual, sustentabilidade e química foram discutidas e associadas às habilidades e competências das matérias de Ciências da Natureza e Tecnologia que estão previstas na BNCC, estimulando diversos debates nos campos do conhecimento e do aprendizado. Foi possível verificar que a Oficina Metaverso Molecular obteve sucesso diante da proposta idealizada inicialmente, despertando curiosidade e garantindo o aprendizado em relação aos alunos.

Por fim, ressalta-se que, para ampliar e fortalecer a disseminação do conhecimento e o estímulo à aprendizagem por meio de metodologias imersivas e do uso de materiais lúdicos em sala de aula, é fundamental que iniciativas como o projeto Metaverso Molecular se multipliquem nas universidades e sejam replicadas nas escolas de educação básica.

Agradecimentos

Agradecemos aos docentes e discentes do CEMJBM, CP II, CAp-UERJ e CEJCB, onde foram apresentadas as oficinas. Pelo apoio financeiro, agradecemos à FAPERJ – processo nº SEI-260003/013021/2021.

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: educação é a base.** 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf>. Acesso em 20 fev. 2025.

FREIRE, P. **Conscientização: teoria e prática da libertação: uma introdução ao pensamento de Paulo Freire.** 3 ed. São Paulo: Moraes, 1980.

ONU, **Organização das Nações Unidas. Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável.** 2016. Disponível em: <https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Agenda2030.pdf>. Acesso em: 14 de abril de 2025.

SEEDUC. **Informações institucionais.** 2025. Disponível em: <<https://www.seeduc.rj.gov.br/mais/seeduc-em-n%C3%BAmeros>>. Acesso em: 22 mar. 2025.

SOARES, M. H. F. B.; GARCEZ, E. S. C. Um estudo do estado da arte sobre a utilização do lúdico em ensino de química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 1, p. 183-214, 2017.

WON, M.; UNGU, D. A. K.; MATOVU, H.; TREAGUST, D. F.; TSAI, C.; PARK, J.; MOCERINO, M.; TASKER, R. Diverse approaches to learning with immersive Virtual Reality identified from a systematic review. **Computers & Education**, v. 195, p. 104701, 2023.