



doi: [10.22633/rpge.v29iesp4.20768](https://doi.org/10.22633/rpge.v29iesp4.20768)



Revista on line de Política e Gestão Educacional  
Online Journal of Policy and Educational Management



<sup>1</sup> Universidade de Educação, Universidade de Hue (HUEdU), Hue – Vietnã.  
Professor, departamento de Educação em Química.

## ANIMAÇÕES DE QUÍMICA BASEADAS EM PERSONAGENS PARA AUMENTAR O INTERESSE DOS ALUNOS: DESIGN, IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO POR MEIO DE MÉTODOS MISTOS

ANIMACIONES DE QUÍMICA BASADAS EN PERSONAJES PARA AUMENTAR EL INTERÉS DEL ESTUDIANTADO: DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN MEDIANTE MÉTODOS MIXTOS

CHARACTER-BASED CHEMISTRY ANIMATIONS FOR ENHANCING STUDENT INTEREST: DESIGN, IMPLEMENTATION, AND EVALUATION THROUGH MIXED METHODS

Trang Nguyen Thi THUY<sup>1</sup>  
ntttrang.hued@hueuni.edu.vn



### Como referenciar este artigo:

Thuy, T. N. T. (2025). Animações de química baseadas em personagens para aumentar o interesse dos alunos: design, implementação e avaliação por meio de métodos mistos. *Revista on line de Política e Gestão Educacional*, 29(esp4), e025099. <https://doi.org/10.22633/rpge.v29iesp4.20768>

**Submetido em:** 20/11/2025  
**Revisões requeridas em:** 25/11/2025  
**Aprovado em:** 04/12/2025  
**Publicado em:** 20/12/2025



**RESUMO:** O declínio do interesse dos alunos pela Química representa um desafio para o ensino de ciências, frequentemente associado à natureza abstrata e exigente da disciplina. Este estudo concebeu e avaliou vídeos animados com personagens para promover o engajamento na aprendizagem de Química. Trinta animações foram desenvolvidas para sete unidades do currículo do 10º ano do ensino fundamental no Vietnã. Dependendo dos objetivos de aprendizagem, cada tema compreendia um ou mais pares de vídeos complementares, seguindo uma estrutura dupla: vídeos que apresentavam problemas contextualizados da vida real e vídeos explicativos que visualizavam processos em nível molecular. A pesquisa adotou uma metodologia mista, envolvendo 57 professores de Química e 137 alunos no Vietnã. Os dados quantitativos foram analisados por meio de estatística descritiva e testes de Kruskal-Wallis, enquanto a análise temática foi aplicada às respostas qualitativas. Tanto professores quanto alunos avaliaram os vídeos positivamente em termos de clareza, valor pedagógico e apelo emocional. A narrativa centrada nos personagens aumentou a curiosidade e sustentou a atenção, enquanto o design com dois vídeos apoiou efetivamente a aprendizagem baseada em investigação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vídeos animados. Ensino de química. Tecnologia educacional. Design instrucional. Interesse situacional.

**RESUMEN:** La disminución del interés del alumnado por la Química constituye un desafío para la enseñanza de las ciencias, frecuentemente asociado al carácter abstracto y exigente de la disciplina. Este estudio diseñó y evaluó vídeos animados con personajes para promover el compromiso en el aprendizaje de Química. Se desarrollaron treinta animaciones para siete unidades del currículo de 10.º grado de la educación básica en Vietnam. Según los objetivos de aprendizaje, cada tema incluía uno o más pares de videos complementarios, siguiendo una estructura doble: videos que presentaban problemas contextualizados de la vida real y videos explicativos que visualizaban procesos a nivel molecular. La investigación adoptó un enfoque mixto, envolviendo 57 docentes de Química y 137 estudiantes en Vietnam. Los datos cuantitativos se analizaron mediante estadística descriptiva y pruebas de Kruskal-Wallis, mientras que el análisis temático se aplicó a las respuestas cualitativas. Tanto docentes como estudiantes evaluaron positivamente los videos en términos de claridad, valor pedagógico y atractivo emocional. La narrativa centrada en los personajes incrementó la curiosidad y mantuvo la atención, mientras que el diseño de dos videos apoyó de manera efectiva el aprendizaje basado en la indagación

**PALABRAS CLAVE:** Videos animados. Enseñanza de la química. Tecnología educativa. Diseño instruccional. Interés situacional.

**ABSTRACT:** The decline in student interest in Chemistry poses challenges for science education, often linked to the subject's abstract and demanding nature. This study designed and evaluated character-based animated videos to foster engagement in Chemistry learning. Thirty animations were developed for seven units of the Vietnamese Grade 10 curriculum. Depending on learning objectives, each theme comprised one or more pairs of complementary videos following a dual structure: problem-posing videos introducing real-life contextual challenges and explanatory videos visualizing molecular-level processes. The research adopted a mixed-methods design involving 57 Chemistry teachers and 137 students in Vietnam. Quantitative data were analyzed using descriptive statistics and Kruskal-Wallis tests, while thematic analysis was applied to qualitative responses. Both teachers and students rated the videos highly for clarity, pedagogical value, and emotional appeal. Character-driven storytelling enhanced curiosity and sustained attention, while the dual-video design effectively supported inquiry-based learning.

**KEYWORDS:** Animated videos. Chemistry education. Educational technology. Instructional design. Situational interest.

Artigo submetido ao sistema de similaridade



**Editor:** Prof. Dr. Sebastião de Souza Lemes

**Editor Adjunto Executivo:** Prof. Dr. José Anderson Santos Cruz.

## INTRODUÇÃO

O declínio do interesse dos alunos por disciplinas científicas, particularmente Química, representa um desafio educacional global. Embora as disciplinas científicas sejam fundamentais para o desenvolvimento do pensamento crítico e das habilidades de resolução de problemas, muitos alunos do ensino médio percebem a Química como uma disciplina árida, abstrata e cognitivamente exigente (Brunyé et al., 2008 ; Schiefele et al., 1983). Esse contexto é particularmente urgente no Vietnã, em meio às reformas educacionais em curso. O Currículo Geral de Educação de 2018 transformou a Química de disciplina obrigatória em eletiva, aumentando a pressão sobre os educadores para que desenvolvam abordagens pedagógicas envolventes e relevantes para manter o interesse dos alunos. Uma pesquisa nacional revelou que mais de 50% dos professores de Química observaram atitudes negativas dos alunos em relação à disciplina, manifestadas como tédio e desinteresse, que atribuíram a um currículo sobrecarregado e a métodos de ensino pouco inspiradores (Hoa, 2015).

Para abordar essa questão, a inovação pedagógica e a integração da tecnologia educacional são cruciais. Vídeos animados surgiram como uma ferramenta eficaz para engajar os alunos, especialmente em disciplinas científicas com conceitos complexos e microscópicos. A teoria cognitiva da aprendizagem multimídia de Mayer (Mayer, 2001, 2014) fornece uma base teórica sólida, enfatizando a importância do processamento bicanal (visual e auditivo) e a redução da carga cognitiva extrínseca. Numerosos estudos empíricos demonstraram que vídeos animados bem elaborados podem melhorar o raciocínio científico, a compreensão conceitual e o desempenho acadêmico dos alunos em comparação com materiais estáticos tradicionais (Arumugam & Nirmala, 2018; Yaseen, 2018).

Este estudo propõe um modelo pedagógico inovador para aumentar o interesse dos alunos por meio do uso de animações com personagens químicos antropomorfizados. Esses vídeos são criados utilizando diversas ferramentas digitais acessíveis, incluindo inteligência artificial (IA). Diferentemente do conteúdo encontrado em muitas plataformas educacionais populares, nosso modelo se baseia em um processo único de duas etapas: (1) Animação Proposta de Problemas para estimular a curiosidade e o pensamento crítico antes da aula e (2) Animação Explicativa para fornecer soluções após os alunos terem tido tempo para refletir. Essa abordagem é inspirada na Aprendizagem Baseada em Problemas e em teorias de desenvolvimento de interesse, como a estrutura de Hidi e Renninger (2006), onde o interesse situacional é um precursor fundamental para o interesse individual a longo prazo.

No entanto, existe uma lacuna significativa na pesquisa no Vietnã. A maioria dos estudos nacionais sobre o uso de animação no ensino de ciências carece de especificidade de conteúdo, não está alinhada ao currículo de 2018 e, frequentemente, não aplica teorias consolidadas de aprendizagem multimídia ou desenvolvimento de interesse (Hùng & Linh, 2022;

Minh & An, 2023). Além disso, a ausência de pesquisas com métodos mistos (que combinam dados quantitativos e qualitativos) tem limitado as evidências empíricas sobre o impacto da animação tanto nos resultados cognitivos quanto no engajamento afetivo.

Portanto, o objetivo deste estudo é desenvolver e avaliar a eficácia de animações de Química elaboradas com um modelo de duas etapas e apresentando personagens antropomorfizados. As questões específicas de pesquisa são:

Como as animações de Química com personagens antropomorfizados podem ser projetadas para se alinharem tanto aos princípios pedagógicos quanto aos requisitos de conteúdo científico do novo currículo nacional?

Como alunos e professores avaliam a adequação e o apelo dessas animações de Química baseadas em personagens?

Em que medida essas animações aumentam o interesse situacional dos alunos na aprendizagem de Química?

Esta pesquisa não só oferece uma solução concreta para o contexto educacional vietnamita, como também apresenta um modelo de design instrucional inovador e replicável, com evidências empíricas claras, que pode ser referenciado e aplicado ao ensino de disciplinas STEM em outros países.

### **Quadro teórico**

Este estudo se baseia em uma sólida fundamentação teórica que integra sistematicamente princípios da aprendizagem multimídia, da teoria da carga cognitiva e do desenvolvimento do interesse. A síntese dessas estruturas não apenas fornece uma justificativa para nosso projeto instrucional, mas também explica como nossas animações podem promover o engajamento dos alunos e uma compreensão mais profunda da Química. As seções a seguir detalham como cada teoria influenciou o projeto e a avaliação de nossas animações educacionais.

### **Potencial pedagógico da animação no ensino da química**

No contexto do avanço das tecnologias de informação e comunicação, os vídeos animados tornaram-se um meio poderoso para aumentar o interesse situacional e melhorar os resultados da aprendizagem. Em Química — uma disciplina repleta de conceitos abstratos e microscópicos — os vídeos animados são particularmente úteis para preencher a lacuna entre os fenômenos observáveis e os processos em nível molecular (Chang & Quintana, 2006); As

animações promovem a aprendizagem multimodal ao combinar recursos visuais, narração e som para estimular múltiplos canais sensoriais (Barak et al., 2011), o que auxilia tanto na compreensão quanto na retenção da memória. Estudos empíricos demonstraram que animações bem elaboradas podem aprimorar o raciocínio científico dos alunos, melhorar a compreensão conceitual e aumentar o desempenho quando comparadas a materiais estáticos tradicionais (Arumugam & Nirmala, 2018; Demissie et al., 2011; Yusuf, 2017). Quando combinadas com elementos narrativos, estímulos emocionais e histórias com personagens, as animações também aumentam a motivação intrínseca e o interesse dos alunos (Barak et al., 2011; Bülbül & Kuzu, 2021). Essas qualidades tornam as animações especialmente eficazes para o ensino de Química no Ensino Médio, onde o engajamento é frequentemente prejudicado pela sobrecarga cognitiva e pelo conteúdo abstrato.

### ***Teoria cognitiva da aprendizagem multimídia e teoria da carga cognitiva***

Para lidar com os desafios cognitivos da aprendizagem de conceitos abstratos de Química, nosso projeto instrucional se baseia nos princípios sinérgicos da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia de Richard Mayer (Mayer, 2001, 2014) e da Teoria da Carga Cognitiva de John Sweller (Sweller, 1998). A Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia postula que a mente humana processa informações por meio de canais visuais e auditivos separados, cada um com capacidade limitada. A aprendizagem significativa ocorre quando os aprendizes selecionam, organizam e integram ativamente informações de ambos os canais. Com base nisso, nossas animações combinam recursos visuais dinâmicos, narração e texto para maximizar esse processamento de canal duplo.

A Teoria da Carga Cognitiva fundamenta ainda mais nosso projeto ao distinguir três tipos de carga cognitiva: carga intrínseca (a dificuldade inerente ao material), carga extrínseca (causada por um design instrucional inadequado) e carga pertinente (o esforço cognitivo necessário para a formação de esquemas). Nossa design de animação visa especificamente minimizar a carga extrínseca, evitando elementos que distraiam e textos redundantes na tela, ao mesmo tempo que reduz a carga intrínseca, representando visualmente conceitos complexos e abstratos por meio de personagens e narrativas. Essa abordagem, que aplica diretamente o princípio da personalização de Mayer (utilizando agentes conversacionais e personagens para tornar o conteúdo mais envolvente), torna o conteúdo mais acessível e permite que os alunos se concentrem na carga pertinente — o processo essencial de integrar novas informações às suas estruturas de conhecimento existentes.

## **Aprendizagem baseada em problemas e teoria do interesse**

Este estudo propõe um modelo pedagógico inovador projetado para fomentar o pensamento crítico e o interesse sustentado, aproveitando os princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas e da Aprendizagem Baseada em Investigação. O modelo utiliza um processo único de animação em duas etapas: uma animação de pose de problemas para estimular a curiosidade, seguida por uma animação explicativa para fornecer uma solução. Essa abordagem foi projetada para ativar um processo de aprendizado autodirigido e orientado pela investigação.

Essa abordagem é consistente com o quadro de quatro fases para o desenvolvimento de interesses (Hidi & Renninger, 2006), onde um interesse situacional desencadeado (desencadeado pelo vídeo de pose de problemas) pode evoluir para um interesse situacional mais mantido (apoiado pelo vídeo explicativo e pelas atividades de aprendizagem subsequentes). Esse alinhamento teórico fornece uma estrutura robusta para avaliar o potencial das animações de influenciar a motivação e o comportamento de aprendizagem dos alunos.

## **Avaliação multimodal**

Para capturar de forma abrangente a natureza complexa e dependente do contexto do engajamento estudantil, este estudo adota uma abordagem multimétodo de avaliação, conforme recomendado por teorias contemporâneas de interesse (Renninger & Hidi, 2011). Embora instrumentos de autorrelato (por exemplo, questionários com escala Likert) sejam úteis para avaliar o engajamento percebido, eles são suscetíveis ao viés de desejabilidade social e podem não capturar respostas espontâneas e momentâneas (Paulhus, 1991). Para superar essa limitação, nossa metodologia adiciona uma camada de dados objetivos provenientes da análise de expressões faciais. Esse método não intrusivo fornece uma medida confiável do engajamento afetivo, permitindo-nos identificar expressões como curiosidade, prazer e atenção focada (D'Mello & Graesser, 2012; Ekman, 1978). Ao combinar dados de autorrelato e comportamentais, este estudo consegue capturar a natureza complexa do engajamento estudantil com mídias instrucionais, proporcionando, assim, uma visão mais abrangente e robusta de seu impacto.

Em resumo, o desenho do nosso estudo não se trata de um experimento pedagógico isolado, mas sim de uma estrutura teórica integrada e sistemática. Aplicamos os princípios da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia e da Teoria da Carga Cognitiva para criar conteúdo animado que seja cognitivamente sólido e visualmente atraente. Utilizamos a Aprendizagem Baseada em Problemas e a Teoria do Interesse para estruturar esse conteúdo de forma a nutrirativamente a curiosidade e o engajamento dos alunos. Por fim, empregamos uma abordagem

de avaliação multimodal para fornecer uma avaliação rigorosa e multifacetada da eficácia das nossas animações. Essa sólida base teórica serve como justificativa central para a nossa metodologia e fornece um caminho claro para a interpretação dos nossos resultados.

## METODOLOGIA

### *Design de vídeo animado*

As animações foram desenvolvidas com base em quatro princípios fundamentais: (1) Adequação pedagógica, garantindo a compatibilidade com os objetivos e métodos de ensino; (2) Precisão científica, mantendo a correção dos conceitos químicos; (3) Adequação cognitiva, apresentando uma quantidade ideal de informações para evitar sobrecarga cognitiva excessiva; e (4) Critérios de design de animação educacional, que incluem clareza de conteúdo, apresentação visual e aplicabilidade em um contexto de sala de aula.

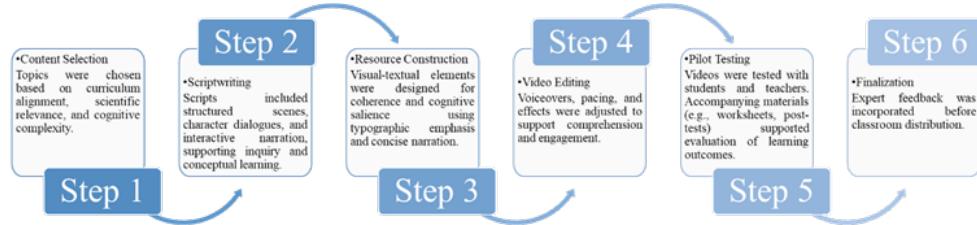
Os vídeos foram inicialmente construídos sistematicamente com base no Currículo de Química do 10º ano do Vietnã (Ministério da Educação e Treinamento, 2018), abrangendo sete unidades de conhecimento e seus respectivos objetivos de aprendizagem. Especificamente, essas unidades incluem Estrutura Atômica, Tabela Periódica dos Elementos, Ligações Químicas, Reações de Oxirredução, Energia Química, Velocidade de Reação e Elementos do Grupo VIIA. Subtópicos que requerem representação visual — devido à sua natureza abstrata, cinética ou microscópica — receberam prioridade. Por exemplo, para o tópico de reações de oxirredução, uma competência essencial é que os alunos “identifiquem reações de oxirredução no cotidiano” e “descrevam a variação do número de oxidação”.

Para aumentar o envolvimento dos alunos e facilitar a compreensão de conceitos abstratos, adotamos um princípio de design de personagens onde elementos e compostos químicos são personificados. Essa abordagem, inspirada no princípio de personalização da Teoria da Aprendizagem Multimídia de Mayer, atribui a cada personagem uma personalidade que reflete suas propriedades químicas. Por exemplo, o átomo de zinco é personificado como um personagem ativo e amigável que “doa” seus elétrons com facilidade, enquanto o íon de cobre é representado como um personagem tímido com uma cor azul característica. Essa escolha de design visa tornar as interações entre as substâncias mais fáceis de entender e lembrar para os alunos.

Conforme ilustrado na Figura 1, o processo de desenvolvimento do vídeo de animação compreendeu seis etapas sistemáticas, cada uma garantindo coerência pedagógica e eficácia cognitiva.

**Figura 1**

*Processo de desenvolvimento de vídeos animados de química em seis etapas*



*Nota.* Elaborado pelos autores.

As principais ferramentas utilizadas no processo de design e produção incluíram o Canva (para design gráfico e de layout), o CapCut (para edição de vídeo e animações gráficas) e diversos aplicativos de IA para síntese de voz e processamento de mídia. Essa abordagem permite que educadores com recursos limitados criem conteúdo educacional personalizado e de alta qualidade.

Foram desenvolvidas 30 animações no total, distribuídas pelas sete unidades de conhecimento do ano letivo. Currículo de Química do 10º ano. Cada subtópico selecionado apresenta um par de vídeos: um vídeo que propõe um problema e um vídeo explicativo. Essa estrutura dupla integra instrução guiada com exploração autônoma, promovendo a aprendizagem baseada em investigação. Por exemplo, um vídeo que propõe um problema utiliza a narrativa para despertar a curiosidade, enquanto o vídeo explicativo que o acompanha fornece uma análise detalhada em nível molecular. Esse design garante uma abordagem pedagógica consistente entre os tópicos, com cada conceito sendo abordado tanto por meio de abordagens exploratórias quanto explicativas. Os vídeos estão parcialmente disponíveis na plataforma GanjingWorld (<https://www.ganjingworld.com/s/bON8yNm9p9>).

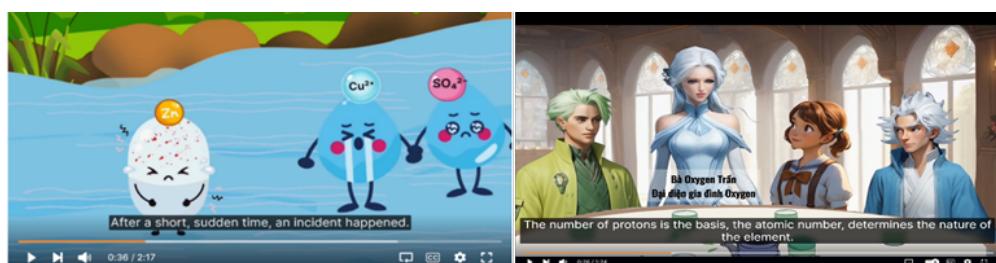
Para ilustrar nossa abordagem de design e pedagógica, esta seção analisará dois exemplos dos vídeos animados desenvolvidos. Esses exemplos demonstram como utilizamos a narrativa e personagens personificados, com o apoio de ferramentas de IA, para tornar conceitos químicos complexos compreensíveis e adequados à idade dos alunos.

**Estudo de Caso 1: A Reação Redox entre Zinco e Sulfato de Cobre (II).** Para ilustrar nossa estrutura de vídeo duplo, analisamos o vídeo sobre a reação entre Zinco (Zn) e Sulfato de Cobre (II) ( $\text{CuSO}_4$ ). O link para a animação deste conteúdo é: [https://www.ganjingworld.com/vi-VN/video/1hep772fbq26rejaal4oKiEOZ1q21c?playlist\\_id=1hep7c1o3va1UyUphcvPpEM16p0p](https://www.ganjingworld.com/vi-VN/video/1hep772fbq26rejaal4oKiEOZ1q21c?playlist_id=1hep7c1o3va1UyUphcvPpEM16p0p). A primeira parte, a Animação de Apresentação do Problema, introduz um cenário onde o personagem “Zinco” (Zn) está atuando. Sentindo calor, Zn pula em um lago que representa a solução de sulfato de cobre (II) ( $\text{CuSO}_4$ ). Inicialmente, o lago é azul, e os íons de cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ) e sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) são representados como personagens distintos. Todavia, à medida que Zn entra

no lago, manchas vermelhas começam a aparecer em seu corpo (representando a deposição de cobre), e a cor azul da água (representando os íons  $Cu^{2+}$ ) desaparece gradualmente, fazendo com que os personagens  $Cu^{2+}$  e  $SO_4^{2-}$  pareçam tristes e confusos. A animação termina com uma pergunta: “O que está acontecendo? Você pode me ajudar a explicar o que está acontecendo?”. Essa abordagem narrativa estimula a curiosidade e leva os alunos a pensar criticamente sobre as mudanças químicas subjacentes antes que uma explicação formal seja fornecida. Após esse segmento que propõe um problema, a Animação Explicativa oferece uma explicação visual detalhada, passo a passo, da reação redox em nível molecular. A animação mostra átomos de Zn perdendo elétrons para se tornarem íons  $Zn^{2+}$ , e íons  $Cu^{2+}$  aceitando esses elétrons para se tornarem átomos de Cu neutros, que então se depositam na superfície do Zn. Os recursos visuais e auditivos (narração) são sincronizados para garantir que os alunos possam acompanhar facilmente o processo de transferência de elétrons. A Figura 2 ilustra uma imagem do vídeo animado de  $Zn + CuSO_4$ .

**Figuras 2 e 3**

*Ilustração de um projeto de animação: A reação redox entre zinco e sulfato de cobre(II) e a tabela periódica dos elementos*



*Nota.* Elaborado pelos autores.

Estudo de Caso 2: A Tabela Periódica dos Elementos. Para ilustrar o uso da IA na criação de visuais de personagens e cenários esteticamente agradáveis e adequados à idade, apresentamos um vídeo sobre a Tabela Periódica dos Elementos. Nesta animação, uma estudante chamada Anna quer aprender sobre as células dos elementos e é conduzida pelo “Ancião da Vila” a uma reunião na prefeitura. Os “moradores” desta vila são os elementos químicos. Na reunião, Anna ouve conversas entre os elementos, compreendendo assim suas propriedades e relações de uma maneira dinâmica. Essa abordagem ajuda a desabstrair a tabela periódica, transformando os elementos em personagens familiares e memoráveis, o que, por sua vez, fomenta o interesse e a compreensão dos alunos sobre conceitos químicos fundamentais. A Figura 3 ilustra uma imagem do vídeo animado da Tabela Periódica dos Elementos.

## **Desenho da pesquisa**

Este estudo adotou uma metodologia mista convergente (Creswell & Clark, 2017) para avaliar de forma abrangente a eficácia, o valor pedagógico e o impacto motivacional dos vídeos animados de química desenvolvidos. Um total de 30 animações foram criadas para abranger os sete principais tópicos do currículo de química do 10º ano. A pesquisa foi implementada em duas fases simultâneas:

**Fase 1 – Avaliação dos Professores:** Os professores participantes analisaram todas as 30 animações e responderam a um questionário online para avaliar a precisão científica dos vídeos, sua relevância curricular e seu potencial para apoiar a aprendizagem dos alunos. Esta fase teve como foco a validação dos princípios pedagógicos e científicos descritos em nossa metodologia.

**Fase 2 – Avaliação do Envolvimento dos Alunos:** Esta fase foi concebida como um estudo piloto comparativo para avaliar a motivação dos alunos ao aprenderem com este método em comparação com uma abordagem de ensino tradicional. Os alunos participaram de aulas nas quais um subconjunto específico de animações, com foco em reações de oxidação-redução e velocidade de reação, foi incorporado.

Após essas aulas, eles responderam a questionários para avaliar seu engajamento, resposta emocional e percepção de novidade. Para obter uma medida multimodal mais objetiva do engajamento afetivo, também foi realizada uma análise qualitativa da expressão facial. Essa abordagem observacional, baseada no Sistema de Codificação de Ações Faciais (FACS) (Ekman, 1978), foi incluída para fornecer uma camada independente de dados que captura respostas emocionais espontâneas, as quais podem não ser totalmente capturadas apenas por medidas de autorrelato (Pekrun, 2006).

quantitativos (a partir de itens de questionário em escala Likert) e dados qualitativos (a partir de respostas abertas e indicadores baseados em observação). Esses dados foram triangulados para fornecer uma compreensão multidimensional de como os vídeos animados influenciam tanto o processo instrucional quanto o interesse dos alunos na aprendizagem de química (Buchholtz, 2019).

## **Instrumento de coleta de dados**

Para avaliar de forma abrangente a eficácia pedagógica, o suporte cognitivo e o impacto motivacional dos vídeos animados de química, foram desenvolvidos dois instrumentos complementares com base em referenciais teóricos consolidados de design instrucional (Gagné et al., 2005) e aprendizagem multimídia (Mayer, 2009): um questionário de avaliação do professor e um questionário de percepção do aluno. A validade de conteúdo desses instrumentos foi

estabelecida por meio de revisão por especialistas e feedback de um estudo piloto envolvendo dois especialistas em tecnologia educacional, 50 professores de química e 150 alunos. A confiabilidade dos instrumentos foi confirmada com alta consistência interna, com valores alfa de Cronbach de 0,97 para a escala de avaliação do professor e 0,849 para a escala de percepção do aluno (Cronbach, 1951).

**Questionário de Avaliação do Professor:** Um questionário estruturado foi desenvolvido para avaliar a qualidade pedagógica e a usabilidade do vídeo animado na perspectiva de professores de Química em exercício. O instrumento consistia em duas partes: (i) 12 itens em escala Likert avaliando três dimensões principais — *alinhamento científico e curricular* (S1 – Alinhamento com o currículo de Química do ensino médio; S2 – Precisão científica; S3 – Relevância para contextos da vida real; S4 – Clareza e envolvimento da narrativa), *qualidade visual e auditiva* (V1 – Uso de recursos visuais vívidos e envolventes; V2 – Design gráfico apropriado; V3 – Clareza da narração e do som; V4 – Uso de efeitos visuais para apoiar o ensino) e *valor pedagógico percebido* (P1 – Capacidade de estimular o interesse do aluno; P2 – Apoio à compreensão do aluno; P3 – Incentivo ao pensamento criativo; P4 – Utilidade para estudo individual e revisão); e (ii) três questões abertas buscando feedback qualitativo sobre pontos fortes, áreas para melhoria e sugestões para integração em sala de aula. Todos os itens da escala Likert foram avaliados em uma escala de 5 pontos (1 = Discordo totalmente a 5 = Concordo totalmente). A seleção desses critérios de avaliação está alinhada aos Doze Princípios da Aprendizagem Multimídia de Mayer (Mayer, 2014), incluindo os princípios de coerência, modalidade e personalização.

Especificamente, a ênfase na precisão científica, na relevância contextual e na clareza da narrativa corresponde aos princípios de coerência e sinalização, enquanto recursos visuais vívidos e áudio apropriado reforçam os princípios de modalidade e multimídia. Além disso, os critérios de valor pedagógico refletem a orientação centrada no aluno do modelo de Mayer, visando promover o engajamento cognitivo e experiências de aprendizagem significativas. Adicionalmente, o instrumento incorporou insights do Modelo de Quatro Fases do Desenvolvimento do Interesse (Hidi & Renninger, 2006), especialmente as fases de interesse situacional desencadeado e mantido. Essa dupla fundamentação teórica assegurou que tanto a eficácia instrucional quanto o potencial motivacional dos vídeos animados fossem avaliados adequadamente.

**Questionário de Percepção do Aluno:** Para examinar o envolvimento afetivo e cognitivo dos alunos com o vídeo animado, foi desenvolvido um questionário estruturado com base nas teorias de interesse situacional (Hidi & Renninger, 2006) e aprendizagem multimídia (Mayer, 2001). O instrumento era composto por duas partes: (i) seis itens em escala Likert avaliando três dimensões — *envolvimento emocional* (E1 – Senti curiosidade quando o professor usou um vídeo animado; E2 – Prefiro aprender por meio de animação em vez de explicação verbal),

*novidade percebida* (N1 – Esta foi a primeira vez que assisti a um vídeo animado na aula de Química; N2 – O vídeo apresentou uma abordagem inovadora para a aula), e a *disposição para participar mais* (W1 – Quis aprender mais depois de assistir ao vídeo animado; W2 – Fiquei interessado em fazer perguntas depois de assistir ao vídeo); e (ii) uma questão aberta pedindo aos alunos que comparassem o vídeo animado com introduções de aulas anteriores (por exemplo, narração do professor, jogos), com o objetivo de obter feedback reflexivo sobre interesse e motivação. Todos os itens da escala Likert foram avaliados em uma escala de 5 pontos (1 = Discordo totalmente a 5 = Concordo totalmente).

**Coleta de Dados de Expressão Facial:** Para complementar os dados autorrelatados e fornecer uma medida objetiva do engajamento emocional e cognitivo dos alunos no momento da aula, foi realizada uma análise qualitativa de expressão facial. Isso envolveu uma gravação em vídeo não intrusiva da sala de aula durante a aula, com câmeras estrategicamente posicionadas para capturar os rostos do maior número possível de alunos. Essa abordagem foi implementada com o consentimento explícito de todos os alunos e do professor, garantindo a estrita adesão aos protocolos éticos de pesquisa e à proteção da privacidade. As imagens de vídeo foram então utilizadas para selecionar imagens estáticas específicas e representativas para análise por meio do FACS (Sistema de Classificação de Expressão Facial). Esse método permitiu a identificação e classificação objetivas de movimentos musculares faciais específicos e expressões emocionais (por exemplo, sorrisos, atenção focada, curiosidade), fornecendo uma rica camada de dados qualitativos que valida e amplia as descobertas dos questionários de autorrelato.

### **Coleta de amostras e dados**

A amostra deste estudo consistiu em dois grupos distintos: professores de química do ensino secundário e alunos do ensino secundário. Um total de 57 professores de química em exercício, de diversas regiões do Vietname, participaram no estudo. Estes professores tiveram acesso aos 30 vídeos animados através de uma ligação segura e foram convidados a preencher um questionário online. Todos os 57 professores forneceram respostas completas aos itens da escala Likert, enquanto um subconjunto respondeu às questões abertas: 38 para a questão 1, 28 para a questão 2 e 26 para a questão 3.

A amostra de estudantes incluiu 137 alunos do ensino médio de quatro escolas diferentes na cidade de Hue, região central do Vietnã. Esses alunos participaram de aulas que incorporavam animações específicas. Os dados foram coletados por meio de questionários após dois períodos distintos de visualização: uma visualização inicial, destinada a despertar a curiosidade antes da apresentação do novo conteúdo, e uma visualização subsequente para reforçar e esclarecer a compreensão após uma atividade de aprendizagem baseada em investigação.

Todos os 137 alunos responderam aos itens da escala Likert. Para obter uma medida objetiva de engajamento, as aulas também foram gravadas em vídeo com o consentimento explícito de todos os participantes e do professor, garantindo a conformidade ética. Essas gravações foram utilizadas para extrair imagens estáticas representativas para uma análise qualitativa de expressões faciais, adicionando uma camada de dados comportamentais às respostas do questionário. As respostas qualitativas de uma amostra menor e representativa de 61 alunos de duas das quatro escolas foram selecionadas para análise detalhada.

### **Análise de dados**

Os dados foram analisados utilizando uma combinação de técnicas quantitativas e qualitativas para proporcionar uma compreensão abrangente do impacto das animações.

Para os dados quantitativos, foram utilizadas estatísticas descritivas, incluindo percentagens, médias (M) e desvios-padrão (DP), para resumir as respostas de todos os itens da escala Likert. Para comparar as percepções e respostas entre diferentes subgrupos, foi empregado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis H.

Este método foi escolhido porque os dados derivados de escalas Likert são ordinais e frequentemente não atendem às premissas de testes paramétricos como a ANOVA. O teste H de Kruskal-Wallis é uma alternativa robusta e adequada para comparar grupos independentes com dados que não seguem uma distribuição normal (Field, 2013; Siegel & Castellan, 1988). Especificamente, este teste foi utilizado para comparar as percepções dos professores em quatro grupos baseados na experiência e para comparar as respostas dos alunos nas quatro escolas participantes.

Os dados qualitativos, coletados a partir de respostas abertas, foram submetidos à análise temática de conteúdo. Essa abordagem permitiu identificar e interpretar sistematicamente temas comuns, padrões recorrentes e percepções únicas tanto de professores quanto de alunos. A análise também incluiu um relatório sobre a frequência de cada tema emergente para destacar sua prevalência no feedback qualitativo (Braun & Clarke, 2006).

Uma análise qualitativa separada foi realizada nos dados de expressão facial. Utilizando o FACS Como guia, expressões emocionais específicas e sinais não verbais foram identificados a partir de imagens estáticas extraídas dos vídeos das aulas. Essa análise concentrou-se na classificação de expressões relacionadas à atenção focada, curiosidade e prazer. Os resultados dessa análise qualitativa foram então triangulados com os dados quantitativos da pesquisa e com a análise temática das respostas abertas, a fim de proporcionar uma compreensão rica e multifacetada do engajamento dos alunos.

## RESULTADOS

### Avaliação dos vídeos animados pelos professores

Os resultados da avaliação (ver Tabela 1) indicam que o vídeo animado — desenvolvido especificamente para este estudo — foi bem recebido pelos professores de Química em exercício, tanto em termos de rigor científico quanto de eficácia pedagógica. As avaliações mais altas foram encontradas na dimensão de alinhamento científico (S1–S3), com médias variando de 4,60 a 4,63 e mais de 66% dos professores selecionando “Concordo totalmente” para alinhamento com o currículo e precisão científica, confirmando que o vídeo aderiu com sucesso ao currículo nacional de Química e transmitiu com precisão os principais conceitos científicos. Essa validação é particularmente significativa, pois apoia o objetivo central do estudo: desenvolver mídias científicamente robustas e didáticas relevantes. A maior pontuação geral foi registrada para “Relevância para contextos da vida real” (S3,  $M = 4,63$ ), sugerindo que a integração de conceitos químicos com aplicações práticas foi especialmente eficaz.

Também foram observadas avaliações positivas quanto ao valor pedagógico, especialmente no que diz respeito ao estímulo do interesse dos alunos (P1,  $M = 4,58$ ) e ao fomento da criatividade (P3,  $M = 4,53$ ). No entanto, a pontuação média relativamente mais baixa para “clareza sonora” (V3,  $M = 4,19$ ) e a correspondente menor porcentagem de respostas “Concordo totalmente” (40,4%) apontam para uma deficiência técnica.

**Tabela 1**

*Estatísticas descritivas e distribuição das respostas dos professores a cada item de avaliação*

Indicador	S1	S2	S3	S4	V1	V2	V3	V4	P1	P2	P3	P4
M	4,60	4,60	4,63	4,42	4,42	4,35	4,19	4,44	4,58	4,39	4,53	4,53
SD	0,70	0,70	0,70	0,92	0,75	0,74	0,85	0,68	0,70	0,73	0,76	0,80
% “ Fortemente concordar”	66,7	66,7	70,2	61,4	52,6	45,6	40,4	49,1	64,9	47,4	63,2	66,7

*Nota.* Elaborado pelos autores (2025). Escala Likert de 5 pontos: 1 = Discordo totalmente; 5 = Concordo totalmente.

Para explorar como a experiência docente influenciou as avaliações dos professores, foi realizado um teste H de Kruskal-Wallis em quatro grupos: <5 anos ( $n = 17$ ), 5–<10 anos ( $n = 13$ ), 10–<15 anos ( $n = 11$ ) e  $\geq 15$  anos ( $n = 16$ ). Diferenças significativas surgiram em vários itens (ver Tabela 2), notadamente C1, C2 e A1, com o grupo de 10–<15 anos apresentando pontuações médias mais baixas ( $\sim 4,0$ –4,1) e maior variabilidade ( $DP > 1,0$ ).

**Tabela 2***Médias (DP) e valores p de Kruskal-Wallis para itens de avaliação em vídeo por anos de experiência docente*

Grupo	S1	S2	S3	S4	V1	V2	V3	V4	P1	P2	P3	P4
<5 anos	4,59 (0,51)	4,65 (0,49)	4,65 (0,49)	4,47 (0,72)	4,47 (0,62)	4,41 (0,71)	4,35 (0,70)	4,53 (0,51)	4,65 (0,49)	4,53 (0,52)	4,59 (0,62)	4,59 (0,62)
5 a <10 anos	4,69 (0,48)	4,69 (0,48)	4,69 (0,48)	4,23 (1,24)	4,54 (0,52)	4,31 (0,48)	3,77 (0,83)	4,46 (0,52)	4,69 (0,48)	4,23 (0,60)	4,46 (0,66)	4,46 (0,78)
10-<15 anos	4,09 (1,22)	4,00 (1,18)	4,18 (1,25)	4,00 (1,18)	3,91 (1,14)	4,00 (1,10)	3,82 (1,17)	3,91 (1,04)	4,00 (1,18)	4,00 (1,18)	4,09 (1,22)	4,09 (1,30)
≥15 anos	4,88 (0,34)	4,88 (0,34)	4,88 (0,34)	4,81 (0,40)	4,63 (0,62)	4,56 (0,63)	4,63 (0,50)	4,69 (0,48)	4,81 (0,40)	4,63 (0,50)	4,81 (0,40)	4,81 (0,40)
valor p	0,085	0,032	.221	.120	.169	.312	0,017	0,054	0,068	.188	.182	.333

Nota. Elaborado pelos autores (2025). \*  $p < .05$ .

Em contrapartida, os professores com  $\geq 15$  anos de experiência atribuíram as classificações mais altas e consistentes ( $M = 4,63\text{--}4,88$ ), particularmente no que diz respeito ao alinhamento científico e ao valor pedagógico.

Uma análise temática das respostas abertas dos professores proporcionou uma compreensão mais profunda dos pontos fortes e das áreas que precisam ser aprimoradas nas animações, triangulando de forma eficaz os resultados quantitativos.

**Pontos fortes percebidos das animações:** Uma análise qualitativa das respostas à pergunta “O que você mais gostou no vídeo animado que criamos?” revelou que a maioria dos comentários ( $\approx 55\%$ ) elogiou o apelo visual, descrevendo os vídeos como “vibrantes”, “fofos” e “envolventes”. Além disso, um número significativo de respostas ( $\approx 47\%$ ) destacou a capacidade do vídeo de aumentar a motivação e o interesse dos alunos. Outros aspectos valorizados incluíram a clareza e concisão ( $\approx 32\%$ ) e a relevância para a vida real ( $\approx 26\%$ ) do conteúdo.

**Sugestões para melhoria:** Das 28 sugestões oferecidas por professores, uma análise temática revelou diversas áreas que precisam de aprimoramento, as quais ajudam a explicar os padrões observados na avaliação em escala Likert. A preocupação mais frequente ( $\approx 29\%$ ) estava relacionada à qualidade do áudio, especificamente à clareza e ao ritmo da narração, como refletido em comentários como “O tom de voz precisa ser mais consistente” (T18) e “A fala está muito rápida” (T14). Aspectos visuais também foram mencionados, com 21% dos professores sugerindo melhorias na vivacidade das cores e nas transições de cena. Da mesma forma, cerca de 21% das respostas apontaram para a necessidade de padronizar a nomenclatura química. Outras sugestões, embora menos frequentes, incluíram a melhoria da sincronização entre voz e imagens e a expansão do conteúdo para diversificar os tópicos ou aumentar a interatividade.

**Recomendações para uma melhor integração pedagógica:** além de avaliar e comentar a animação, 26 dos 57 professores responderam à pergunta aberta: “Que recomendações

você tem para melhorar a eficácia didática deste vídeo animado? “A análise revelou três principais direções. Uma parte dos professores (≈23%) já estava satisfeita com o formato atual, confirmando seu alinhamento com os principais objetivos instrucionais e apoiando as altas classificações para precisão científica (S2) e valor instrucional (P2,  $M = 4,55$ ). Diversas sugestões (≈15%) enfatizaram a necessidade de incorporar cenários da vida real ou perguntas contextualizadas para aprimorar a aplicação.

Outras recomendações focaram em melhorias na narração, incluindo o uso de sotaques mais comuns e tons de voz naturais. Por fim, solicitações para ampliar a abrangência do conteúdo (≈12%) para uma integração curricular mais ampla apontam para oportunidades de transformar a animação em uma ferramenta de aprendizagem mais flexível e adaptativa. Os resultados das avaliações em escala Likert e da análise temática oferecem uma compreensão abrangente de como os professores avaliam o design e a relevância instrucional dos vídeos. As sugestões apresentadas destacam áreas-chave — particularmente a qualidade da narração, a integração contextual e o escopo do conteúdo — para desenvolvimento futuro, visando aprimorar a usabilidade instrucional e o impacto no aprendizado.

### *Percepções dos alunos sobre o impacto de vídeos animados no interesse pela aprendizagem*

As estatísticas descritivas revelaram níveis consistentemente altos de concordância dos alunos em todos os seis itens da pesquisa (ver Tabela 3), indicando um forte envolvimento com os vídeos animados. As pontuações médias variaram de 4,10 (N1) a 4,54 (N2), com desvios padrão mínimos (0,697 a 0,954), sugerindo um forte consenso entre os alunos. A concordância mais significativa foi observada nos itens relacionados ao envolvimento emocional e à vontade de aprender mais. Notáveis 100% dos alunos selecionaram “Concordo totalmente” para o item W1 (“Eu queria aprender mais depois de assistir ao vídeo animado”), enquanto mais de 63% concordaram totalmente que o vídeo despertou sua curiosidade (E2) e proporcionou uma experiência de aprendizagem inovadora (N2).

**Tabela 3**

*Distribuição percentual e estatísticas descritivas das respostas dos alunos aos itens E1–W2 (n = 137)*

Média	E1	E2	N1	N2	W1	W2
M	4,460	4,401	4,095	4,540	4,474	4,350
SD	0,777	0,927	0,954	0,697	0,777	0,845
%						
Fortemente Concordo (5)	59,1	63,5	43,8	63,5	100,0	54,7

*Nota.* Elaborado pelos autores (2025).

Para examinar mais a fundo o impacto dos vídeos animados no envolvimento dos alunos, este estudo comparou as respostas de alunos de quatro escolas diferentes usando seis itens de questionário que representam o envolvimento emocional (E1–E2), a novidade percebida (N1–N2) e a disposição para participar (W1–W2). Estatísticas descritivas e testes de Kruskal-Wallis foram realizados para avaliar as diferenças entre os grupos. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4**

Comparação das médias (DP) e dos resultados do teste de Kruskal-Wallis para os itens E1 a W2 por escola

Item	Escola 1	Escola 2	Escola 3	Escola 4	valor p
E1	4,395 (0,856)	3,880 (0,927)	4,719 (0,581)	4,667 (0,526)	.000***
E2	3,974 (1,174)	4,120 (1,130)	4,781 (0,553)	4,667 (0,477)	0,002**
N1	3,789 (1,069)	3,400 (0,866)	4,625 (0,660)	4,381 (0,731)	.000***
N2	4,526 (0,647)	4,080 (0,997)	4,781 (0,553)	4,643 (0,485)	.004**
W1	4,289 (0,835)	4,000 (1,041)	4,781 (0,553)	4,690 (0,468)	.000***
W2	4,237 (0,751)	3,520 (1,085)	4,688 (0,645)	4,690 (0,468)	.000***

Nota. Elaborado pelos autores (2025). p < .05; \*\* p < .01; \*\*\* p <.001.

A análise revelou diferenças estatisticamente significativas entre as escolas para todos os seis itens ( $p < 0,01$ ). Os alunos das escolas 3 e 4 relataram consistentemente os níveis mais altos de engajamento em todas as dimensões. Por exemplo, a pontuação média para E1 (“Senti curiosidade quando o professor usou um vídeo animado”) foi mais alta na escola 3 ( $M = 4,719$ ), enquanto a escola 2 apresentou a pontuação mais baixa ( $M = 3,880$ ). Esse padrão foi consistente tanto para a percepção de novidade quanto para a disposição em participar, indicando um forte efeito de grupo.

Para complementar os resultados quantitativos, foram coletadas respostas abertas de 61 alunos da Escola 1 ( $n = 36$ ) e da Escola 2 ( $n = 25$ ) em resposta à pergunta: “*Comparado com as formas anteriores de introdução da aula, assistir ao vídeo animado aumentou seu engajamento? Por quê?*” A análise temática dessas respostas revelou seis temas principais, que, de modo geral, corroboraram as tendências observadas nos resultados da escala Likert.

O tema mais frequente foi o aumento do interesse devido à novidade ou à variação, com os alunos descrevendo a animação como uma mudança revigorante em relação às introduções típicas das aulas. Os alunos também relataram que o formato em vídeo ajudou a melhorar o foco e a concentração, alinhando-se com as altas pontuações de engajamento no componente emocional (E1 e E2). Um aluno explicou: “Me ajudou a me concentrar no que eu precisava fazer” (S6, Escola 2), e outro observou: “O apelo visual me ajudou a me concentrar

e a aprender melhor" (S30, Escola 1). Outro tema recorrente foi a melhoria da compreensão e da visualização, com os alunos afirmando que as animações tornaram os conceitos abstratos mais concretos. Por exemplo, S5, da Escola 2, comentou: "Tornou o conteúdo mais fácil de visualizar e mais envolvente", e S12, da Escola 1, acrescentou: "Me ajudou a entender a aula com mais clareza". Alguns alunos mencionaram que a animação estimulou sua curiosidade e motivação para aprender, com declarações como "Despertou minha curiosidade e me fez querer aprender mais" (S10, Escola 2) e "Estimulou minha curiosidade" (S7, Escola 1). Essas respostas refletem o conceito de interesse situacional, que foi fundamental para a elaboração do questionário e para o enquadramento teórico deste estudo. Outros temas, embora menos frequentes, incluíram a percepção da animação como uma mistura de aprendizado e entretenimento, e sua conexão com situações da vida real — ambos apontando para a relevância afetiva e contextual do conteúdo animado no ensino de ciências. Notavelmente, alguns alunos da Escola 2 expressaram atitudes neutras ou indiferentes, possivelmente refletindo diferenças individuais na receptividade ou o nível de engajamento comparativamente menor da escola, conforme demonstrado na análise quantitativa.

**Análise de Expressões Faciais: Suporte Qualitativo para o Envolvimento do Aluno:** Para fornecer evidências objetivas e multimodais do envolvimento, foi realizada uma análise qualitativa de expressões faciais utilizando imagens estáticas de observações em sala de aula. Essa análise foi guiada pelo FACS (Sistema de Classificação de Expressões Faciais) para identificar expressões emocionais, fornecendo uma camada de dados objetivos que vai além das medidas de autorrelato. A análise revelou uma clara progressão de respostas emocionais nos alunos, passando da atenção focada para o prazer genuíno.

- **Etapa 1: Exposição inicial à animação:** nesta fase inicial de visualização, a maioria dos alunos demonstrou altos níveis de atenção visual e envolvimento cognitivo. Por exemplo, o Aluno 1 (A1) exibiu uma expressão facial séria, com o olhar fixo diretamente na tela — indicativo de atenção concentrada, comumente associada às Unidades de Ação 1 e 2 (elevação das sobrancelhas interna e externa). Outros alunos, como A4, A5 e A7, sentaram-se eretos, com olhares atentos, sugerindo recepção ativa e interesse. Notavelmente, o Aluno 6 inclinou-se para a frente, mantendo contato visual fixo e com uma expressão intensa — um marcador arquetípico de forte imersão cognitiva. O Aluno 9 demonstrou uma expressão facial de curiosidade, com os olhos arregalados e direcionados para cima — associada à Unidade de Ação 5 (elevação da pálpebra superior) — sugerindo maior excitação perceptiva e interesse;
- **Etapa 2: Fase de Atenção Sustentada:** apesar do ângulo limitado da câmera, a maioria dos alunos pareceu manter seu nível de atenção. Os alunos S10 e S11

- mantiveram expressões faciais sérias e um olhar fixo na tela, indicando foco contínuo. Observou-se que o aluno S12 inclinou-se ligeiramente para a frente, uma ação intencional que refletia engajamento ativo e maior acesso visual à animação;
- **Clímax Emocional** : no momento em que o vídeo introduziu elementos humorísticos, as expressões dos alunos mudaram visivelmente, revelando uma nítida alteração na valência emocional. O afeto positivo tornou-se cada vez mais observável em toda a turma, com vários alunos sorrindo ou rindo baixinho — uma combinação de AU6 (levantar as bochechas) e AU12 (puxar o canto dos lábios) indicativa de genuíno prazer. O aluno S1 passou de um leve sorriso para um sorriso amplo e alegre, refletindo uma resposta emocional progressiva. O aluno S8, embora com o rosto parcialmente coberto, exibiu bochechas levantadas e olhos semicerrados, consistente com um sorriso de Duchenne, amplamente aceito como um marcador de prazer emocional autêntico. Isso foi particularmente notável, visto que o aluno S8 havia sido previamente identificado como um aluno tipicamente menos participativo, mas a animação conseguiu provocar uma reação emocional espontânea e positiva, ressaltando seu potencial para engajar até mesmo os alunos menos ativos.

**Trajetória Temporal da Resposta Emocional:** Ao longo dos três momentos-chave, as expressões faciais dos alunos evoluíram gradualmente de atenção concentrada e curiosidade para visível divertimento e alegria, sugerindo um impacto emocional cumulativo.

## DISCUSSÃO

### Avaliação dos vídeos animados pelos professores

Os resultados das avaliações dos professores fornecem evidências robustas da eficácia pedagógica dos vídeos animados. As altas classificações para alinhamento científico (S1–S3) confirmam a adesão bem-sucedida dos vídeos ao currículo nacional de Química e sua precisão na transmissão de conceitos científicos fundamentais. A pontuação especialmente alta para “Relevância para contextos da vida real” (S3) está em consonância com pesquisas que enfatizam que a conexão do conhecimento científico abstrato com contextos do mundo real aumenta significativamente o engajamento dos alunos e a transferência da aprendizagem (De Jong, 2005).

As altas avaliações quanto ao valor pedagógico, particularmente no que diz respeito ao estímulo do interesse dos alunos (P1) e ao fomento da criatividade (P3), sugerem que as animações têm um potencial substancial para aumentar o envolvimento dos alunos. Esses resultados estão alinhados com os princípios do desenvolvimento do interesse (Hidi & Renninger,

2006) e da aprendizagem multimídia (Hidi & Renninger, 2006; Mayer, 2014; Mayer & Fiorella, 2014) e reforçam pesquisas anteriores que demonstram que recursos multimídia bem elaborados podem melhorar significativamente a compreensão e a motivação (Barbara et al., 2016; Fyfield et al., 2022; Mayer, 2001).

A análise temática do feedback qualitativo confirmou esses pontos fortes, com os professores elogiando o apelo visual dos vídeos ( $\approx 55\%$ ) e a capacidade de aumentar a motivação dos alunos ( $\approx 47\%$ ). Isso está em consonância com a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia (Mayer, 2014) e com pesquisas recentes sobre como animações com apelo emocional podem aumentar a motivação intrínseca (Mou, 2023; Teplá et al., 2022).

Todavia, os resultados quantitativos e o feedback qualitativo também destacaram uma área fundamental para melhoria: a clareza do som. A pontuação média relativamente baixa para “clareza do som” ( $V3, M = 4,19$ ) foi corroborada pelos comentários dos professores ( $\approx 29\%$ ) que apontaram para inconsistências no tom de voz e no ritmo. Essa constatação está em consonância com pesquisas que enfatizam que um áudio de má qualidade pode aumentar a carga cognitiva extrínseca e prejudicar a aprendizagem (Moreno & Mayer, 2007), principalmente quando há também informação visual (Sweller, 1998). O feedback também forneceu recomendações específicas, como a padronização da nomenclatura química ( $\approx 21\%$ ) e a melhoria da sincronização entre voz e imagens.

A análise das diferenças por experiência docente revelou que, embora os professores com menos de 10 anos de experiência e aqueles com 10 a 15 anos apresentassem opiniões mais variadas, os professores veteranos ( $\geq 15$  anos) atribuíram consistentemente as classificações mais altas. Isso pode refletir sua experiência pedagógica acumulada e maior familiaridade com o currículo, visto que pesquisas têm demonstrado uma forte correlação entre anos de experiência docente e uma compreensão mais profunda do alinhamento curricular e dos métodos de ensino (Morehead, 2005; Polikoff, 2013).

Em conclusão, os resultados confirmam os pontos fortes do design atual e fornecem insights práticos para o aprimoramento tanto do conteúdo quanto da apresentação. Para aumentar a inclusão e a usabilidade entre os diferentes grupos de professores, as versões futuras devem melhorar a qualidade do áudio, alinhar-se mais estreitamente à nomenclatura padronizada e aprimorar a clareza estrutural, estratégias que comprovadamente apoiam o aprendizado e o engajamento em ciências (Swain, 2012). As sugestões fornecidas pelos professores destacam áreas-chave — particularmente a qualidade da narração, a integração contextual e o escopo do conteúdo — para desenvolvimento futuro, visando aprimorar a usabilidade instrucional e o impacto no aprendizado, alinhando-se à necessidade de designs de mídia adaptáveis que possam apoiar objetivos curriculares mais amplos (Adam et al., 2021; Polikoff, 2013).

## Percepções dos alunos sobre os vídeos de animação

Os resultados quantitativos e qualitativos fornecem fortes evidências da eficácia dos vídeos animados em promover o engajamento e a motivação dos alunos. As altas médias e os baixos desvios padrão em todos os itens da pesquisa sobre a percepção dos alunos confirmam que os vídeos engajaram com sucesso uma ampla gama de aprendizes. A forte concordância com os itens de engajamento emocional (E1 e E2) e cognitivo (W1 e W2) está alinhada com a estrutura de interesse situacional (Hidi & Renninger, 2006) e com a teoria da aprendizagem multimídia (Mayer, 2014). Isso reforça a noção de que estímulos inovadores, que despertam a curiosidade e são emocionalmente envolventes, podem aprimorar significativamente o foco atencional e o engajamento sustentado. O efeito motivacional observado, especialmente o forte desejo de continuar aprendendo, corrobora descobertas internacionais anteriores sobre o papel crucial da curiosidade na promoção do comportamento exploratório, do processamento mais profundo e da regulação da atenção (Hunaepi et al., 2024; Pekrun, 2006).

No entanto, a análise revelou uma variação estatisticamente significativa nos níveis de envolvimento entre as diferentes escolas. Os alunos das escolas 3 e 4 relataram consistentemente os níveis mais altos de envolvimento, enquanto a escola 2 apresentou os mais baixos. Essa descoberta está em consonância com estudos internacionais sobre a integração da tecnologia na educação (Urquiza-Fuentes & Velázquez-Iturbide, 2013).

As diferenças observadas podem ser atribuídas a características institucionais e ao perfil demográfico dos alunos, visto que os menores índices de engajamento na Escola 2 podem estar relacionados à sua história institucional mais curta e a uma população estudantil com desempenho acadêmico médio inferior. Esses resultados estão em consonância com pesquisas anteriores que indicam que ambientes de aprendizagem multimídia, embora geralmente benéficos, não produzem efeitos uniformes em todos os grupos de alunos (Liew et al., 2017; Um et al., 2012), sendo a eficácia frequentemente mediada por fatores como o conhecimento prévio dos alunos, a cultura institucional e a formação docente (Polikoff, 2013). Análises post-hoc adicionais (por exemplo, o teste de Dunn) seriam necessárias para identificar os pares específicos de escolas com diferenças estatisticamente significativas.

A análise temática das reflexões abertas dos alunos forneceu um rico suporte qualitativo para os resultados quantitativos. O tema mais frequente, novidade e variação, corrobora diretamente as altas pontuações na escala Likert para novidade percebida ( $N_2, M = 4,54$ ), confirmado que os alunos consideraram a animação um método de ensino inovador que aumentou seu interesse pela situação. Da mesma forma, os comentários sobre foco e concentração aprimorados, melhor compreensão e curiosidade estimulada reforçam os benefícios cognitivos e afetivos sugeridos pelos dados quantitativos.

Por fim, a análise da expressão facial serviu como uma triangulação qualitativa crucial, fornecendo evidências objetivas e imediatas do envolvimento dos alunos, que vão além das medidas autorrelatadas. A clara progressão da atenção focada para o prazer genuíno, particularmente quando elementos humorísticos foram introduzidos, oferece suporte concreto à capacidade da animação não apenas de capturar a atenção, mas também de evocar respostas emocionais positivas. Essa evidência multimodal está alinhada com a literatura anterior, que indica que experiências afetivas podem aumentar a motivação e o engajamento (Mayer, 2014; Pekrun, 2006), e reforça a afirmação de que vídeos animados podem promover um engajamento cognitivo-afetivo abrangente em aulas de química.

De modo geral, os resultados dos questionários aplicados aos alunos e da análise facial confirmam o grande potencial dos vídeos animados para aumentar o interesse e o envolvimento na aprendizagem, ao mesmo tempo que destacam a importância de se considerar os fatores institucionais e demográficos que podem influenciar a sua eficácia.

## **CONCLUSÃO**

Este estudo teve como objetivo abordar três questões centrais de pesquisa: (1) como criar vídeos animados de Química com personagens que estejam alinhados com princípios pedagógicos e científicos, (2) como professores e alunos avaliam a adequação e o apelo desses vídeos e (3) em que medida as animações aumentam o interesse situacional dos alunos na aprendizagem de Química. Com base no currículo de Química do 10º ano do Vietnã, o estudo desenvolveu trinta animações educativas distribuídas em sete unidades temáticas, cada uma seguindo uma estrutura de formato duplo — vídeos que propõem problemas e vídeos explicativos — e fundamentadas em quatro princípios de design: alinhamento pedagógico, precisão científica, adequação cognitiva e qualidade da animação.

As avaliações dos professores ( $n = 57$ ) revelaram forte apoio ao alinhamento científico dos vídeos, ao seu valor pedagógico e à sua relevância para contextos da vida real, confirmando a adequação do design aos padrões curriculares e objetivos instrucionais. Embora tenham sido observados pequenos problemas técnicos, como a clareza da voz, o feedback aberto destacou o apelo visual, o efeito motivacional e a clareza do conteúdo como pontos fortes principais. Esses resultados confirmam a importância do envolvimento de educadores na avaliação de mídias e fornecem orientações concretas para aprimoramento e integração pedagógica.

O feedback dos alunos ( $n = 137$ ) de quatro escolas secundárias demonstrou ainda mais o impacto positivo dos vídeos no interesse situacional. As respostas na escala Likert mostraram pontuações consistentemente altas em envolvimento emocional, percepção de novidade

e disposição para aprender. Diferenças estatisticamente significativas entre as escolas sugeriram que fatores contextuais e institucionais podem mediar a eficácia da multimídia.

A análise temática das reflexões dos alunos reforçou essas descobertas, com os alunos destacando maior curiosidade, melhor concentração, melhor compreensão e uma sensação de novidade proporcionada pelas animações. Esses dados autorrelatados foram triangulados com uma camada de dados comportamentais, onde a análise preliminar das expressões faciais de um subconjunto de alunos revelou uma alta frequência de expressões associadas à curiosidade e à atenção concentrada, fornecendo uma medida objetiva do engajamento na tarefa.

Em conjunto, os resultados fornecem evidências empíricas de que vídeos animados de Química com personagens, quando cuidadosamente elaborados, podem servir como ferramentas pedagogicamente sólidas e contextualmente apropriadas para aumentar o engajamento e o interesse na aprendizagem de ciências. Este estudo contribui para o crescente corpo de pesquisas sobre animações educacionais e oferece implicações práticas para seu desenvolvimento, avaliação e integração no ensino de ciências no ensino médio. Pesquisas futuras devem ampliar a avaliação para incluir resultados de aprendizagem a longo prazo, implementação em sala de aula e recursos de interatividade adaptativa para maximizar o impacto instrucional.

Apesar dos resultados promissores, este estudo apresenta algumas limitações que devem ser reconhecidas. Primeiro, o conjunto de vídeos atual abrange apenas sete tópicos do currículo de Química do 10º ano. Embora o feedback dos professores tenha indicado um forte interesse em uma integração curricular mais ampla, expandir a biblioteca de vídeos para incluir conteúdo adicional — como teoria atômica, química orgânica ou química ambiental — poderia apoiar uma implementação instrucional mais abrangente e sustentada. Segundo, embora os vídeos tenham sido geralmente bem recebidos, o formato atual oferece interatividade limitada. A incorporação de elementos como perguntas integradas, narrativas ramificadas ou mecanismos de feedback adaptativo poderia promover ainda mais o engajamento ativo, a avaliação formativa e o ensino diferenciado.

Essas melhorias podem ser particularmente benéficas para apoiar alunos com diferentes necessidades de aprendizagem e promover uma investigação mais aprofundada. Em terceiro lugar, embora a maioria dos vídeos tenha atendido às expectativas técnicas, algumas versões iniciais receberam feedback sobre a qualidade da narração e a clareza do áudio. Esses problemas foram posteriormente resolvidos por meio de revisões específicas, incluindo aprimoramento da gravação de voz e melhoria da sincronização entre áudio e vídeo. Mesmo assim, o feedback inicial ressalta a importância de garantir uma qualidade técnica consistente em toda a coleção de vídeos. Os esforços de desenvolvimento futuros devem considerar o

envolvimento de engenheiros de áudio profissionais e a realização de testes com usuários em estágios iniciais para aprimorar a coerência cognitiva e perceptiva.

Por fim, embora este artigo enfatize o envolvimento afetivo e o valor instrucional percebido, ele é apenas uma das várias publicações planejadas a partir desta pesquisa. O robusto desenho de métodos mistos do estudo, que incluiu dados suplementares de pré e pós-testes e observações comportamentais por meio da análise de expressões faciais, proporciona uma compreensão multifacetada do impacto na aprendizagem. Portanto, recomenda-se que futuras publicações e pesquisas adotem uma estrutura de avaliação mais holística que triangule indicadores afetivos, cognitivos e comportamentais. Investigações mais amplas em diversos contextos de sala de aula, populações estudantis e abordagens instrucionais também serão essenciais para avaliar a generalização e a escalabilidade das animações de Química baseadas em personagens como ferramenta pedagógica.

### **Recomendações**

Com base nos resultados das avaliações de professores e alunos, várias recomendações importantes podem ser feitas para aprimorar o vídeo animado e orientar pesquisas futuras. Primeiro, para solucionar as deficiências técnicas identificadas pelos professores e reduzir a carga cognitiva dos alunos, a qualidade do áudio deve ser otimizada. Isso inclui melhorar a clareza da narração, padronizar o ritmo e usar tons de voz mais naturais. Segundo, para aprimorar a usabilidade pedagógica e estar em consonância com as sugestões dos professores, o conteúdo deve ser expandido para abranger uma gama mais ampla de tópicos e incluir cenários da vida real mais contextualizados.

Isso ajudará os alunos a perceberem a relevância prática dos conceitos químicos, aumentando assim sua motivação e engajamento. Em terceiro lugar, as próximas versões dessas animações educacionais devem integrar estrategicamente elementos interativos que permitam aos alunos manipular variáveis ou explorar conceitos, indo além da mera visualização passiva. Por fim, com base no sucesso do pico emocional relacionado ao humor observado na análise facial, os projetos futuros devem continuar a incorporar elementos envolventes e emocionalmente impactantes para manter o interesse dos alunos e promover um ambiente de aprendizagem positivo.

### **Limitações**

Este estudo apresenta diversas limitações que devem ser abordadas em pesquisas futuras. Embora a análise da expressão facial tenha fornecido dados qualitativos valiosos,

ela se limitou a uma pequena amostra e a imagens estáticas, carecendo, portanto, de uma visão longitudinal abrangente do engajamento dos alunos. Estudos futuros poderiam empregar métodos de observação mais avançados ou tecnologia de rastreamento ocular para capturar um panorama mais completo das respostas cognitivas e afetivas.

Além disso, a ausência de uma análise post-hoc para a comparação entre escolas limita a capacidade de identificar pares específicos de escolas com diferenças estatisticamente significativas. Superar essas limitações fortalecerá a generalização e o rigor acadêmico de futuras pesquisas sobre mídia educacional animada.

## REFERÊNCIAS

- Adam, M., Chase, R. P., & McMahon, S. A. (2021). Design preferences for global scale: A mixed-methods study of “glocalization” of an animated, video-based health communication intervention. *BMC Public Health*, 21, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11043-w>
- Arumugam, S., & Nirmala, N. (2018). Science animation and students' attitudes. In *Encyclopedia of Information Science and Technology* (4th ed., pp. 2599–2615). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2255-3.ch227>
- Barak, M., Ashkar, T., & Dori, Y. J. (2011). Learning science via animated movies: Its effect on students' thinking and motivation. *Computers & Education*, 56(3), 839–846. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.025>
- Barbara, F., Kramer, E., & Kim, J. A. (2016). Split-attention and coherence principles in multimedia instruction can rescue performance for learners with lower working memory capacity. *Applied Cognitive Psychology*, 30(5), 691–699. <https://doi.org/10.1002/acp.3244>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Brunyé, T. T., Taylor, H. A., & Rapp, D. N. (2008). Repetition and dual coding in procedural multimedia presentations. *Applied Cognitive Psychology*, 22(7), 877–895. <https://doi.org/10.1002/acp.1396>
- Buchholtz, N. (2019). Planning and conducting mixed methods studies in mathematics educational research. In G. Kaiser & N. Presmeg (Eds.), *Compendium for early career researchers in mathematics education* (pp. 91–112). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-15636-7\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15636-7_6)
- Bülbül, A., & Kuzu, A. (2021). Emotional design of educational animations: Effects on emotion, learning, motivation and interest. *Participatory Educational Research*, 8(3), 344–355. <https://doi.org/10.17275/PER.21.69.8.3>
- Chang, H., & Quintana, C. (2006). Student-generated animations: Supporting middle school students' visualization, interpretation and reasoning of chemical phenomena. In *Proceedings of the International Conference of the Learning Sciences* (pp. 71–77).
- Creswell, J. W., & Clark, V. L. P. (2017). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). Sage Publications.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- D'Mello, S., & Graesser, A. (2012). Dynamics of affective states during complex learning. *Learning and Instruction*, 22(1), 145–157. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.10.001>

- De Jong, T. (2005). The guided discovery learning principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 215–229). Cambridge University Press.
- Demissie, T., Ochonogo, C. E., & Engida, T. (2011). Pedagogy-based-technology and chemistry students' performance in higher institutions: A case of Debre Berhan University. *US-China Education Review*, 5, 602–611.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1978). *Facial action coding system* (FACS) [Database record]. Consulting Psychologists Press. <https://doi.org/10.1037/t27734-000>
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (4th ed.). Sage Publications.
- Fyfield, M., Henderson, M., & Phillips, M. (2022). Improving instructional video design: A systematic review. *Australasian Journal of Educational Technology*, 38(3), 150–178. <https://doi.org/10.14742/ajet.7296>
- Gagné, R. M., Wager, W. W., Golas, K. C., & Keller, J. M. (2005). *Principles of instructional design* (5th ed.). Wadsworth Publishing.
- Hidi, S., & Renninger, A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41(4), 111–127. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102\\_4](https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_4)
- Hoa, Đ. T. H. (2015). Students' attitude towards chemistry from the perspective of chemistry teachers. *HCMUE Journal of Science*, 6(72), 32–39.
- Hunaepi, H., Suma, I. K., & Subagia, I. W. (2024). Curiosity in science learning: A systematic literature review. *International Journal of Essential Competencies in Education*, 3(1). <https://doi.org/10.36312/ijece.v3i1.1918>
- Hùng, N. Q., & Linh, H. M. (2022). Integrating stories and mathematical games in teaching mathematics for 3rd and 4th grade. *Dong Thap University Journal of Science*, 11(4), 41–50. <https://doi.org/10.52714/DTHU.11.4.2022.965>
- Liew, T. W., Zin, N. A. M., & Sahari, N. (2017). Exploring the affective, motivational and cognitive effects of pedagogical agent enthusiasm in a multimedia learning environment. *Human-Centric Computing and Information Sciences*, 7(9), 1–21. <https://doi.org/10.1186/s13673-017-0089-2>
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139164603>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.

- Mayer, R. E. (2014). Cognitive theory of multimedia learning. In *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed., pp. 43–71). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.005>
- Mayer, R. E., & Fiorella, L. (2014). Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning: Coherence, signaling, redundancy, spatial contiguity, and temporal contiguity principles. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 279–315). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.015>
- Minh, T. H., & An, P. H. T. (2023). Principles and procedures for designing animated films to support teaching natural sciences grade 9. *Vietnam Journal of Education*, 23(7), 178–184.
- Ministry of Education and Training. (2018). *The 2018 Vietnam general education curriculum in chemistry*.
- Morehead, P. (2005). The continuing challenges of technology integration for teachers. *Essays in Education*, 15(1). <https://openriver.winona.edu/eie/vol15/iss1/10>
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2007). Interactive multimodal learning environments. *Educational Psychology Review*, 19(3), 309–326. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>
- Mou, T.-Y. (2023). Science learning with designed animation... *International Journal of Educational Research Open*, 4, 100246. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2023.100246>
- Paulhus, D. L. (1991). Measurement and control of response bias. In J. P. Robinson et al. (Eds.), *Measures of personality and social psychological attitudes* (pp. 17–59). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-590241-0.50006-X>
- Pekrun, R. (2006). The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology Review*, 18(4), 315–341. <https://doi.org/10.1007/s10648-006-9029-9>
- Polikoff, M. S. (2013). Teacher education, experience, and the practice of aligned instruction. *Journal of Teacher Education*, 64(3), 212–225. <https://doi.org/10.1177/0022487112472908>
- Renninger, K. A., & Hidi, S. (2011). Revisiting the conceptualization, measurement, and generation of interest. *Educational Psychologist*, 46(3), 168–184. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.587723>
- Schiefele, H., Krapp, A., Prenzel, M., Heiland, A., & Kasten, H. (1983). Principles of an educational theory of interest. In *Proceedings of the ISSBD*.
- Siegel, S., & Castellan, N. J. (1988). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences* (2nd ed.). McGraw-Hill.

- Swain, K. T. (2012). *Meaningful use of animation and simulation in the science classroom* [Master's thesis]. [http://digitalcommons.brockport.edu/ehd\\_theses/143](http://digitalcommons.brockport.edu/ehd_theses/143)
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
- Teplá, M., Teplý, P., & Smejkal, P. (2022). Influence of 3D models and animations on students in natural subjects. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00382-8>
- Um, E. R., Plass, J. L., Hayward, E. O., & Homer, B. D. (2012). Emotional design in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 104(2), 485–498. <https://doi.org/10.1037/a0026609>
- Urquiza-Fuentes, J., & Velázquez-Iturbide, J. (2013). Toward the effective use of educational program animations: The roles of student engagement and topic complexity. *Computers & Education*, 67, 178–192. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.013>
- Vermaat, H., & Kramers-Pals, H. (2003). The use of animations in chemical education. In *AECT Conference Proceedings*.
- Yaseen, Z. (2018). Using student-generated animations: The challenge of dynamic chemical models in states of matter and the invisibility of the particles. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1166–1185. <https://doi.org/10.1039/C8RP00109F>
- Yusuf, Y. (2017). Learning chemistry by ICT (virtual animation) at Maumere High School, East Nusa Tenggara. *Journal of Education, Teaching and Learning*, 2(1), 1–7. <https://doi.org/10.26737/jetl.v2i1.138>

*CRediT Author Statement*

---

**Agradecimentos:** Registrarmos nossa sincera gratidão aos especialistas em educação, aos professores de Química de todo o país e aos estudantes de quatro escolas secundárias da cidade de Hue. As contribuições prestadas ao desenho do questionário, ao feedback dos vídeos e à participação ativa foram determinantes para o êxito deste estudo.

**Financiamento:** Esta pesquisa contou com apoio da Universidade de Hue (Grant No. DHH2024-03-192) e da Vingroup Innovation Foundation (VINIF) (Grant No. VINIF.07.2025.HS226).

**Conflitos de interesse:** O autor declara não haver conflitos de interesse relacionados à publicação deste artigo.

**Aprovação ética:** Todos os procedimentos envolvendo participantes humanos seguiram os padrões éticos aplicáveis à pesquisa educacional. Embora a análise tenha se baseado em imagens estáticas de observações em sala de aula, nenhuma dessas imagens foi publicada neste artigo, em conformidade com os princípios éticos de pesquisa e com a proteção da privacidade dos estudantes. O estudo foi conduzido com aprovação e consentimento das escolas e dos participantes envolvidos.

**Disponibilidade de dados e materiais:** Os conjuntos de dados e materiais gerados e analisados neste estudo estão disponíveis mediante solicitação razoável ao autor correspondente.

**Contribuição dos autores:** O autor foi responsável por todas as etapas do estudo, incluindo concepção, metodologia, análise de dados e elaboração do manuscrito.

---

**Processamento e editoração: Editora Ibero-Americana de Educação**

Revisão, formatação, normalização e tradução

