

PROMOVENDO A POPULARIZAÇÃO DA MECÂNICA DOS FLUIDOS POR INTERMÉDIO DE OFICINAS DIDÁTICAS

Estela Claudia Ferretti ¹
Adriana Elaine da Costa Sacchetto ²
Paula Moreira Gouvêa Pires ³
Anna Carolina Côrtes da Cunha ⁴
André Luciano Merlo Netto ⁵

RESUMO

A mecânica dos fluidos, área essencial para a interpretação de fenômenos físicos e para o desenvolvimento científico e tecnológico, é alvo de rejeição por grande parte dos estudantes de ensino médio, que relatam sentir dificuldades em estabelecer relações entre os modelos matemáticos e a realidade. Nesse sentido, a oficina didática é uma modalidade de ação que integra teoria e prática, podendo oferecer experiências de aprendizagem colaborativas e mais próximas do cotidiano estudantil. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi desenvolver, ministrar e avaliar uma oficina didática sobre Mecânica dos Fluidos, visando promover interações com a comunidade e contribuir para a popularização desta área do conhecimento. A estruturação da oficina foi concebida fundamentando-se nos pressupostos do Ensino por Investigação e em princípios da Educação Profissional e Tecnológica, apoiando-se nos trabalhos de Sasseron e Carvalho (2008) e Freire (1996). A oficina foi ministrada por alunos do 3º ano do curso Técnico em Química integrado ao ensino médio do Ifes campus Vila Velha, tendo como público-alvo alunos do 3º ano do ensino médio de duas escolas públicas estaduais externas ao Ifes. Como objetos e recursos pedagógicos, foi elaborado material teórico-conceitual, foram utilizadas plataformas de simulação com acesso gratuito e construídos protótipos de baixo custo, associando a experimentação virtual à real. A metodologia de aplicação das oficinas foi estruturada em três momentos: sensibilização inicial, experimentação de conceitos e socialização dos aprendizados. Os registros realizados em diários de campo, questionários e relatos durante as oficinas revelaram evidências de apropriação dos conceitos abordados. Assim, conclui-se que a oficina didática norteadas pelo Ensino por Investigação contribuiu para a democratização do conhecimento científico e para o fortalecimento do vínculo entre instituição e sociedade.

Palavras-chave: Mecânica dos Fluidos, Oficina, Divulgação Científica, Ensino por Investigação, Educação Profissional e Tecnológica.

¹Professora Tutora: Doutora em Engenharia Química do Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, eferretti@ifes.edu.br;

²Professora Orientadora: Doutora em Engenharia Química do Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, aelcosta@ifes.edu.br;

³Estudante bolsista do Curso Técnico Integrado em Química do Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, paulamgpires@gmail.com;

⁴Estudante bolsista da Graduação do Curso de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, ac.cortescunha@gmail.com.

⁵Estudante bolsista do Curso Técnico Integrado em Química do Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, andreluciano.mn@gmail.com.



INTRODUÇÃO

A Mecânica dos Fluidos é uma área fundamental para a compreensão de fenômenos físicos presentes no cotidiano e para o desenvolvimento científico e tecnológico, estando associada à melhoria de processos industriais sustentáveis, à produção de energia e ao acesso à água potável, entre outros. Ainda assim, no ensino médio, é comum que os estudantes apresentem resistência à aprendizagem desta temática. O elevado grau de abstração dos conceitos, a ênfase em aulas expositivas e exercícios algébricos, bem como a escassez de recursos experimentais e tecnológicos, dentre outros, são fatores que ampliam a distância entre teoria e prática e dificultam o engajamento dos discentes, sendo necessário, muitas vezes repensar o uso de estratégias didáticas e de recursos que favoreçam a aprendizagem.

A inserção da tecnologia no processo pedagógico pode favorecer a formação integral dos estudantes, como por exemplo, o uso de simuladores computacionais que favorecem a exploração e visualização de fenômenos complexos. Outras formas de experimentação também desempenham papel central na construção do conhecimento científico. Nesse contexto ainda, as oficinas didáticas emergem como espaços de aprendizagem colaborativa, que possibilita a construção de conhecimentos de maneira participativa, problematizadora e investigativa. Por meio delas, é possível estimular a curiosidade, a autonomia e o engajamento, aspectos fundamentais para a popularização da ciência e a formação cidadã.

Diante desse cenário, reconheceu-se a necessidade de promover um ensino mais interativo e prático da Mecânica dos Fluidos, voltado a estudantes de escolas públicas, especialmente aquelas situadas em contextos de maior vulnerabilidade social. Para tanto, foram desenvolvidas, ministradas e avaliadas oficinas didáticas que integraram recursos tecnológicos e experimentais. A estruturação da oficina foi concebida fundamentando-se nos pressupostos do Ensino por Investigação e em princípios da Educação Profissional e Tecnológica, apoiando-se nos trabalhos de Sasseron e Carvalho (2008) e Freire (1996). Os registros realizados durante as oficinas evidenciaram elevado interesse e engajamento dos estudantes, bem como indícios concretos de apropriação dos conceitos trabalhados. Assim, o presente trabalho reafirma a relevância de metodologias ativas e contextualizadas na popularização do conhecimento científico, fortalecendo o vínculo entre a instituição e a comunidade e contribuindo para a formação crítica e significativa dos discentes.



METODOLOGIA

Este trabalho teve como objetivo promover a popularização da Mecânica dos Fluidos por meio da realização de oficinas didáticas. As oficinas tiveram como público-alvo estudantes do 3º ano do ensino médio de escolas da rede pública da Grande Vitória – ES, priorizando aquelas situadas em contextos de maior vulnerabilidade social.

As oficinas foram desenvolvidas, ministradas e avaliadas utilizando diferentes materiais e instrumentos que possibilitaram aos participantes vivenciar a prática e estabelecer conexões entre os conceitos teóricos e situações reais. Buscou-se promover um processo educativo pautado na curiosidade, na problematização e na construção coletiva do conhecimento, promovendo o diálogo entre teoria e prática, ciência e realidade social.

O desenvolvimento da oficina ocorreu em três etapas principais:

1 - Planejamento da oficina - Nesta fase, elaborou-se o material teórico-conceitual, escolheu-se um simulador de livre acesso e construíram-se protótipos experimentais de baixo custo, a fim de viabilizar experiências práticas acessíveis e contextualizadas. A etapa também envolveu a definição das situações-problema que nortearam o processo investigativo, bem como a elaboração de instrumentos de avaliação e de registros da oficina. A estruturação da oficina foi concebida fundamentando-se nos pressupostos do Ensino por Investigação e em princípios da Educação Profissional e Tecnológica, apoiando-se nos trabalhos de Sasseron e Carvalho (2008) e Freire (1996).

2 - Execução das oficinas – As atividades foram estruturadas em três momentos pedagógicos: (a) Sensibilização inicial, com a apresentação de aplicações da Mecânica dos Fluidos, situações-problema e o estímulo à curiosidade científica; (b) Experimentação de conceitos, envolvendo atividades práticas com os protótipos e simulações virtuais que permitiram aos estudantes formular hipóteses, testar ideias e interpretar resultados; (c) Socialização dos aprendizados, momento de diálogo e sistematização coletiva, no qual os participantes refletiram sobre os fenômenos observados e relacionaram-nos aos conceitos da Mecânica dos Fluidos.

3. Avaliação da aprendizagem e das percepções dos participantes acerca da experiência da oficina – Realizada por meio de diversos instrumentos como: questionários pré e pós intervenção, formulários de feedback, registros em diários de campo, dentre outros.



REFERENCIAL TEÓRICO

O ensino de conteúdos de Física, especialmente aqueles relacionados à Mecânica dos Fluidos, constitui um desafio recorrente na educação, em razão do elevado grau de abstração presente em seus modelos conceituais e matemáticos. Segundo Scariot et al. (2021), muitos estudantes apresentam dificuldades em compreender conceitos que não são diretamente perceptíveis pelos sentidos, o que compromete a atribuição de significado e a aprendizagem efetiva. Nesse sentido, torna-se essencial que o ensino de conteúdos científicos abstratos se relacione às experiências cotidianas dos alunos, favorecendo a construção de sentido e a aplicação prática do conhecimento.

Historicamente, as práticas pedagógicas, em muitos contextos educacionais, permanecem ancoradas em um modelo tradicional, centrado na transmissão vertical do conhecimento. Nesse modelo, o professor detém o saber, enquanto o aluno assume o papel de mero receptor. Paulo Freire (1970) denominou essa prática de educação bancária, na qual o conhecimento é depositado nos estudantes sem diálogo ou problematização. Em contraposição, o autor propõe uma educação problematizadora, voltada à leitura crítica da realidade, na qual o estudante se torna protagonista do processo de aprendizagem, e o conhecimento emerge do diálogo e da reflexão (Freire, 1996). A aprendizagem significativa, conforme Ausubel (1968, 2000) e Moreira (2006), ocorre quando novos conhecimentos são integrados à estrutura cognitiva do estudante de modo não arbitrário, ancorando-se em saberes prévios e assumindo relevância pessoal. Essa perspectiva reforça a necessidade de uma mediação docente que favoreça a contextualização dos conteúdos, estimulando o engajamento e a construção de sentido. Nessa mesma direção, o ensino por investigação configura-se como uma abordagem didática que rompe com o modelo tradicional e promove a aprendizagem ativa. Segundo Sasseron e Carvalho (2008), o ensino por investigação valoriza o questionamento, a argumentação e a formulação de hipóteses, colocando o estudante em posição de investigador. Essa metodologia estimula o desenvolvimento de competências cognitivas e epistêmicas, pois o aluno é instigado a compreender como o conhecimento científico é produzido, por meio da análise, da dúvida e da busca por soluções. Dessa forma, o ensino deixa de ser mera transmissão e aproxima-se do modo de funcionamento da própria ciência, favorecendo aprendizagens mais profundas e duradouras.

O uso de recursos tecnológicos voltados à aprendizagem valoriza a iniciativa dos estudantes e se aproxima da realidade vivenciada por eles (ARANTES et al., 2010; SILVA,



2016), especialmente no caso dos mais jovens, considerados nativos digitais. Tecnologias adequadas podem favorecer a aprendizagem, sobretudo quando o aluno, com o apoio do professor, é instigado a avançar progressivamente em situações e problemas, construindo, desse modo, sua autonomia (Demo, 2009). Dentre as ferramentas tecnológicas, destacam-se os simuladores computacionais, que permitem a visualização e manipulação de fenômenos físicos complexos, como os presentes na Mecânica dos Fluidos, de forma acessível e interativa. No ensino de ciências exatas e tecnológicas, a experimentação assume papel central no processo de aprendizagem, pois a articulação entre teoria e prática constitui um princípio pedagógico fundamental para a compreensão dos conceitos científicos. Quando o estudante vivencia e reflete sobre os fenômenos, o conhecimento teórico ganha significado e aplicabilidade.

Diante desse contexto, as oficinas didáticas emergem como uma metodologia ativa capaz de integrar investigação, experimentação e diálogo, promovendo um ambiente de aprendizagem participativo e reflexivo. A oficina proposta neste trabalho inspira-se nos Princípios do Ensino por Investigação (Sasseron & Carvalho, 2008) e na pedagogia dialógica de Paulo Freire (1996). Dessa forma, buscou-se consolidar um processo educativo fundamentado na curiosidade, na problematização e na construção coletiva do conhecimento, estabelecendo diálogo constante entre teoria e prática, ciência e realidade social.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados serão apresentados em três etapas — desenvolvimento, aplicação e avaliação da oficina — de modo a evidenciar a evolução na sua construção, assim como o impacto sobre os sujeitos envolvidos.

Planejamento da Oficina de Mecânica dos Fluidos

A proposta da construção da oficina foi iniciada pelas professoras — orientadora e tutora — sendo complementada por sugestões advindas das discussões com o grupo de estudantes participantes do projeto.

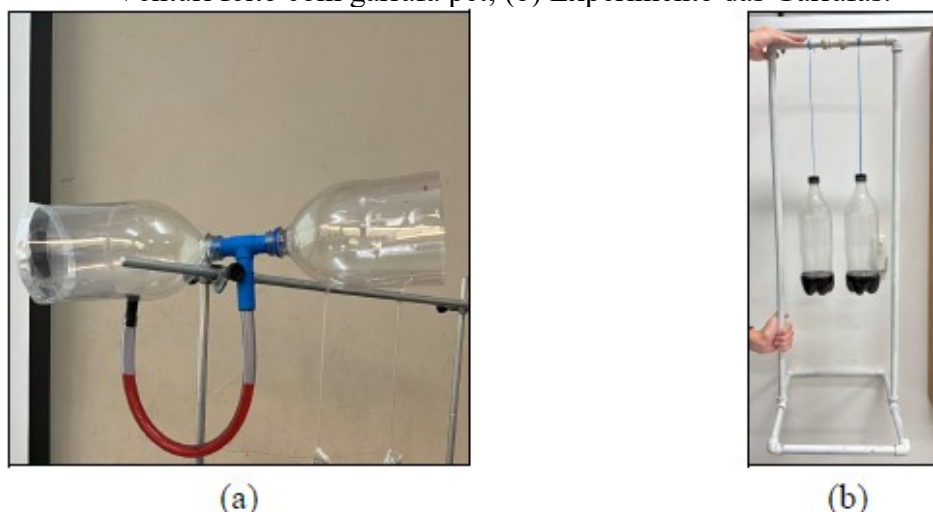
Durante a elaboração do material teórico, procurou-se apresentar os principais conceitos da Mecânica dos Fluidos de forma contextualizada, por meio de exemplos do cotidiano e situações tecnológicas. Essa abordagem teve como objetivo facilitar a compreensão dos conteúdos e preparar os alunos para as atividades práticas, evidenciando



como os conceitos se manifestam em fenômenos e aplicações reais. Vídeos dinâmicos também foram utilizados para captar e manter a atenção dos estudantes.

Dois experimentos foram construídos para uso na oficina: o tubo de Venturi e o experimento das garrafas. Para ambos, foram elaborados protótipos de baixo custo e fácil montagem (vide Fig. 1), de modo que pudessem ser replicados ou transportados para outros locais. O tubo de Venturi — confeccionado com garrafas PET, mangueira de plástico e um conector “T” — foi desenvolvido para que os alunos observassem ao vivo o efeito Venturi, possibilitando compreender as relações entre as formas de energia presentes em um fluido. Já o experimento das garrafas — construído com garrafas PET, fitilho e tubos de PVC — teve como objetivo demonstrar a razão inversa entre velocidade e pressão.

Figura 1 - Protótipos construídos para aplicação dos experimentos nas oficinas. (a) Tubo de Venturi feito com garrafa pet; (b) Experimento das Garrafas.



Fonte: Autoral, 2024.

Além disso, os estudantes bolsistas pesquisaram simuladores gratuitos de Mecânica dos Fluidos compatíveis com o ensino médio, sendo escolhido o “Pressão do Fluido e Fluxo” da PhET (*Physics Education Technology*, University of Colorado Boulder).

Foram elaborados instrumentos de avaliação para verificar evidências de aprendizagem, sendo um deles um Questionário contendo 05 questões fechadas, a ser aplicado no início e, replicado ao final da oficina. As questões foram elaboradas de modo a relacionar os assuntos trabalhados durante a oficina de Mecânica dos fluidos (1) fluido real e fluido ideal; 2) vazão volumétrica; 3) vazão e tipo de escoamento; 4) formas de energia presentes em um fluido; 5) relação entre velocidade e pressão no tubo de Venturi.).

Além deste instrumento, foram elaborados um *Quiz* e um Formulário de Feedback,



contendo, neste último, conceitos para avaliação da oficina (péssimo, ruim, regular, bom, excelente) bem como um espaço aberto para registros de impressões, sugestões, críticas e elogios. Foram realizados registros por meio de “Diário de Campo” produzidos pelos estudantes bolsistas acerca de todo o processo da oficina, incluindo manifestações orais dos participantes durante a oficina, com o intuito de documentar todo o processo de evolução e progresso obtido ao longo do ano.

Execução da Oficina

A primeira oficina foi realizada na Escola Estadual Adolfinha Zamprogno, em Vila Velha-ES, com 30 alunos do terceiro ano do ensino médio. A segunda ocorreu no IFES Campus Vila Velha, durante a “Semana Nacional de Ciência e Tecnologia”, com a participação de 25 alunos, incluindo estudantes da Escola Estadual Maria de Lourdes, de Cariacica-ES, e alguns do próprio campus. Ambas as oficinas foram ministradas pelos estudantes do projeto, sob supervisão das professoras (Figura 2-a).

Após a apresentação do tema da oficina e dos integrantes do projeto, foi aplicado o questionário diagnóstico inicial. Em seguida, o tema foi contextualizado a partir de situações do cotidiano e exemplos práticos da Mecânica dos Fluidos em diferentes áreas da ciência e da tecnologia, com o objetivo de despertar a curiosidade e o interesse dos participantes, criando um ambiente propício à investigação e à aprendizagem ativa.

O experimento das garrafas foi realizado para estimular a formulação de hipóteses e a reflexão sobre a relação entre pressão e velocidade do fluido. Outros conceitos foram abordados em seguida, complementados pela simulação virtual na plataforma PhET Interactive Simulations. Após a demonstração, os estudantes tiveram tempo para experimentação livre, podendo explorar diferentes variáveis (Figura 2).

Na realização do experimento do tubo de Venturi, os estudantes foram convidados a prever o comportamento do fluido ao passar por regiões de diferentes diâmetros, relacionando as observações à variação de pressão e velocidade. Durante o experimento, puderam socializar hipóteses e justificar respostas, em um exercício de argumentação científica e reflexão coletiva. Em seguida, foi apresentada a explicação sobre o Princípio de Bernoulli, abordando as parcelas de energia presentes no fluido (cinética, potencial e de pressão) e relacionando-as à problematização realizada anteriormente, consolidando a compreensão conceitual por meio da análise e comparação entre teoria e prática.



Figura 2 - Momentos vivenciados durante as oficinas (a) Bolsistas ministrando a oficina; (b) participante realizando experimentos através do simulador virtual.



(a)



(b)

Fonte: Autoral, 2024.

À medida que a oficina se aproximava do encerramento, aplicou-se um quiz interativo por meio da plataforma Plickers, que possibilitou revisar o conteúdo de forma lúdica e colaborativa, reforçando o aprendizado e promovendo a integração entre metodologias tradicionais e interativas. Estudantes com maior número de acertos receberam brindes simbólicos, incentivando participação e engajamento coletivo.

Na sequência, foram aplicados o questionário final de avaliação da aprendizagem e o formulário de avaliação da oficina, além de realizados registros fotográficos com todos os participantes (Figura 3). Foram distribuídos folders e mapas mentais elaborados pelos bolsistas, contendo um resumo dos principais conceitos abordados.

Figura 3 – Registro fotográfico efetuado ao final das oficinas realizadas no(a):

(a) Escola Adolfina Zamprogno; (b) IFES Vila Velha;



(a)



(b)

Fonte: Autoral, 2024.

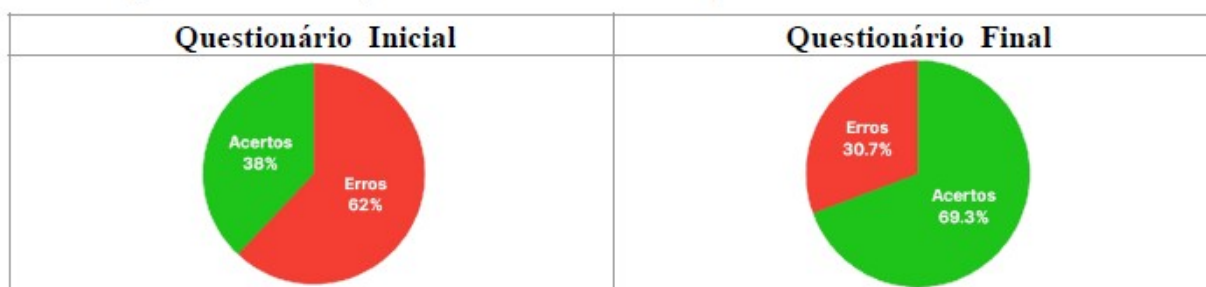


Avaliação da aprendizagem e das percepções dos participantes acerca da experiência da oficina

A avaliação do impacto das oficinas foi realizada por meio de uma abordagem mista, combinando dados quantitativos e qualitativos. Para medir o progresso do aprendizado, um questionário de cinco questões objetivas, relacionadas aos conteúdos trabalhados em Mecânica dos Fluidos, foi aplicado em dois momentos: antes (pré-intervenção) e depois (pós-intervenção) de cada oficina. Desta forma pode-se estabelecer um ponto de partida e avaliar a eficácia da intervenção didática. Adicionalmente, dados sobre a satisfação e percepção dos participantes foram coletados por meio de questionários de feedback, comentários abertos e observações dos bolsistas.

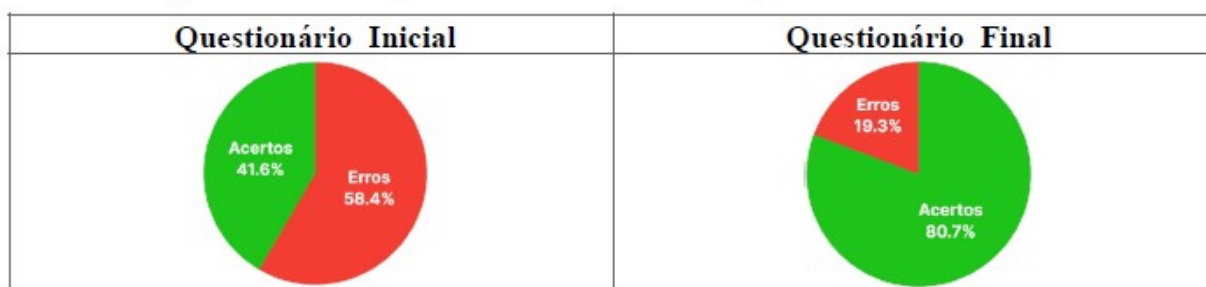
Os resultados quantitativos, respectivos aos erros e acertos dos questionários pré e pós intervenção, encontram-se dispostos nas Figuras 4 e 5.

Figura 4 - Porcentagem de erros e acertos dos questionários da 1ª oficina:



Fonte: Autoral, 2024.

Figura 5 - Porcentagem de erros e acertos dos questionários da 2ª oficina.



Fonte: Autoral, 2024.

O aumento expressivo nos índices de acertos entre os questionários, demonstram o progresso no desempenho dos participantes, evidenciando a evolução conceitual e a eficácia da abordagem didática.

Em análise realizada sobre as questões, foi observado que àquelas relacionadas aos



temas energia nos fluidos e tubo de Venturi, temas não tão comuns ao cotidiano do estudante, tiveram menor número de acertos na avaliação diagnóstica (abaixo de 30%). Para estas questões houve melhoria expressiva de acertos ao final (acima de 73%), indicando o favorecimento do aprendizado através da abordagem utilizada na oficina.

Em relação à satisfação e percepção dos participantes, foram analisados os questionários de feedback, os comentários abertos dos estudantes e os relatos observacionais dos bolsistas sobre comportamento e engajamento durante a oficina. No questionário de feedback, os estudantes classificaram a oficina como “boa” ou “excelente” (Tabela 1), refletindo alto nível de satisfação com a metodologia.

Tabela 1 - Conceitos atribuídos às oficinas realizadas.

Conceito	Frequência Absoluta	
	Oficina 01 (30 participantes)	Oficina 02 (25 participantes)
Excelente	27	25
Bom	3	0
Regular	0	0
Ruim	0	0
Péssimo	0	0

Fonte: Autoral, 2024

Nos comentários, os estudantes evidenciaram entusiasmo e elogiaram consideravelmente a forma como a oficina foi explicada com clareza, além de demonstrarem contentamento com a dinâmica das atividades práticas e da postura acolhedora dos ministrantes. Alguns exemplos de comentários representativos incluem:

“Foi uma das experiências mais legais que tive. Quantas pessoas simpáticas!” / “Deram uma aula melhor que muitos professores.” / “Muito legal a dinâmica da apresentação e também da gentileza e simpatia dos apresentadores <3” / “Gostei muito, pois aprendi e relembrei diversos conceitos muito legais.” / “Gostei demais da forma como lideraram a aula, ótimas dinâmicas e ótimas explicações.. muito carismáticos também.” / “Gostei bastante da explicação, sendo elas a teórica e a prática.” / “Ótimas explicações, dinâmicas excelentes e continuem sendo simpáticos, isso é importante. Adorei a aula.” / “Achei muito interativo, divertido e dinâmico! Foi uma oficina bem elaborada e divertida! Amei!”

Também vale ressaltar que tal comportamento se repetiu durante a dinâmica do quiz, quando os alunos demonstraram grande entusiasmo e envolvimento. Após a revelação das



respostas, reagiram com descontração e empolgação, trocando comentários e interagindo de forma espontânea, contribuindo para um ambiente leve e participativo de aprendizagem.

Os resultados reforçam o potencial das oficinas didáticas como estratégia de popularização científica, integração entre instituição e comunidade e fortalecimento da relação entre teoria e prática no ensino de Mecânica dos Fluidos. Esses relatos, aliados às análises quantitativas, indicam que a metodologia adotada promoveu engajamento, curiosidade científica e apropriação efetiva dos conceitos abordados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As oficinas didáticas constituem uma ferramenta potente para o ensino de temas científicos complexos, como a Mecânica dos Fluidos, especialmente quando orientadas por metodologias investigativas e dialógicas.

Neste trabalho, o processo de planejamento e construção da oficina, em conjunto com os bolsistas, permitiu chegar a uma abordagem dinâmica, com recursos e linguagem mais próximos da expectativa do público-alvo. O uso do simulador favoreceu a experimentação e a visualização de fenômenos complexos, enquanto a construção de protótipos de baixo custo ampliou as possibilidades de exploração prática. As avaliações realizadas evidenciaram não apenas a eficácia das oficinas didáticas, mas também o elevado interesse e engajamento dos estudantes, indicando o alcance do principal objetivo da proposta: promover e popularizar o ensino da Mecânica dos Fluidos.

O presente trabalho reafirma a importância de metodologias ativas e contextualizadas na popularização do conhecimento científico, fortalecendo o vínculo entre a instituição e a comunidade e contribuindo para a formação crítica e significativa dos discentes. Ressalta-se que tais iniciativas têm potencial para despertar vocações, incentivar a curiosidade científica e fortalecer a formação crítica dos jovens, promovendo a articulação entre instituições de ensino, eventos científicos e sociedade.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) e à Secretaria de Estado da Educação (SEDU), por todo apoio, suporte financeiro na forma de bolsas e recurso financeiro de fomento à pesquisa.



REFERÊNCIAS

ARANTES, Alessandra Riposati et al. **Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET**. Física na Escola, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 27-31, 2010.

AUSUBEL, David Paul. **Educational psychology: a cognitive view**. 1 ed. New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1968. p. 685.

AUSUBEL, David Paul. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. 1 ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 210.

DEMO, Pedro. **Educação hoje: “novas” tecnologias, pressões e oportunidades**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro; São Paulo: Paz e Terra, 1970.

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

GASPARIN, João Luiz. **Uma didática para a pedagogia histórico-crítica**. 5. ed. rev. ampl. Campinas: Autores Associados, 2012.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. **Alfabetização científica: uma revisão de literatura**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 13, n. 4, p. 333-350, 2008. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/246>. Acesso em: 25 set. 2024.

SCARIOT, Pablo et al. **Ensino De Física Através Do Uso De Materiais Potencialmente Significativos**. Physicae Organum - Revista dos Estudantes de Física da UnB, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 63-78, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/physicae/article/view/39084>. Acesso em: 28 out. 2025.

SILVA, Swéle Rachel da; MELO, Cláudia Adriana de Sousa. **A utilização da simulação “Força e Movimento” da plataforma PhET como recurso didático no processo de ensino-aprendizagem no ensino médio**. Revista Educação e Emancipação, São Luís, v. 9, n. 2, p. 257-277, 2016.

UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER (Estados Unidos). **PhET Interactive Simulations: Simulações Interativas para Ciência e Matemática**. [S. l.], 2021. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/. Acesso em: 28 out. 2025.

