




**EXPERIMENTOS VIRTUAIS SIMULADOS NO ENSINO DE FÍSICA:
CONTRIBUIÇÕES PARA A EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA NA FORMAÇÃO DE
LICENCIANDOS EM FÍSICA**

**SIMULATED VIRTUAL EXPERIMENTS IN PHYSICS TEACHING:
CONTRIBUTIONS TO DISTANCE EDUCATION IN THE TRAINING OF
PHYSICS UNDERGRADUATES**

**EXPERIMENTOS VIRTUALES SIMULADOS EN LA ENSEÑANZA DE LA
FÍSICA: CONTRIBUCIONES A LA EDUCACIÓN A DISTANCIA EN LA
FORMACIÓN DE ESTUDIANTES DE FÍSICA**

 <https://doi.org/10.56238/levv16n55-155>

Data de submissão: 30/11/2025

Data de publicação: 30/12/2025

Luciano Soares Pedroso

Pós-doutor em Ensino de Ciências e Matemática – LEC – MNPEF - PGECMaT
Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Endereço: Minas Gerais, Brasil
E-mail: luciano.pedroso@ufvjm.edu.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3024109786605674>
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0714-2290>

Giovanni Armando da Costa

Mestre em Ensino de Física - MNPEF
Instituição: Universidade Federal de Alfenas
Endereço: Minas Gerais, Brasil
E-mail: Giovanni.armando.costa@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4700950367901346>
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0010-2624>

Pablo Bedmar Soria

Mestre em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia – PGECMaT
Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Endereço: Minas Gerais, Brasil
E-mail: pablo.bedmar@ufvjm.edu.br
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/6719023526124015>
Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-5373-7585>

Laercio José do Nascimento

Mestre em Ensino de Física - MNPEF
Instituição: Universidade Federal de Alfenas
Endereço: Minas Gerais, Brasil
E-mail: laercio.nascimento@sou.unifal-mg.edu.br
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/1256661625514941>
Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-7671-5121>

Fabício Pimenta Neto

Mestre em Ensino de Ciências e Matemática - UNICSUL
Instituição: Instituto Federal do Espírito Santo
Endereço: Espírito Santo, Brasil
E-mail: fabriciopimenta1407@gmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/4095609552412840>
Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-5148-3147>

Amanda Aparecida Borges da Silva

Mestre em Ensino de Física - MNPEF
Instituição: Universidade Federal de Alfenas
Endereço: Minas Gerais, Brasil
E-mail: amandaafn191@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9829627499881820>
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7045-103X>

RESUMO

Este artigo investiga as contribuições das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) para o ensino de Física, com foco no uso de Experimentos Virtuais Simulados (EVS) em cursos de Licenciatura na modalidade Educação a Distância (EaD). A pesquisa, de abordagem qualitativa com elementos quantitativos, foi realizada com estudantes da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, envolvendo a aplicação de dois EVS: “Pressão em um Fluido” e “Calculadora de Pressão Atmosférica Local”. As atividades integraram conteúdos de Hidrostática, Hidrodinâmica, Princípios de Pascal e Arquimedes e fenômenos meteorológicos. Os resultados indicam que os EVS favorecem a aprendizagem significativa, a contextualização dos conceitos e a autonomia discente, ao permitir a manipulação de variáveis, a análise de dados reais e a articulação entre teoria e prática. Conclui-se que os EVS constituem recursos pedagógicos relevantes para superar limitações estruturais da EaD e ampliar o acesso à experimentação, recomendando-se sua expansão e investigação em diferentes contextos educacionais.

Palavras-chave: Tecnologias Digitais. Experimentos Virtuais Simulados. Ensino de Física. Educação a Distância. Formação de Professores.

ABSTRACT

This article investigates the contributions of Digital Information and Communication Technologies (DICT) to physics teaching, focusing on the use of Simulated Virtual Experiments (SVEs) in undergraduate distance education courses. The research, with a qualitative approach and quantitative elements, was carried out with students from the Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri Valleys, involving the application of two SVEs: "Pressure in a Fluid" and "Local Atmospheric Pressure Calculator". The activities integrated content from Hydrostatics, Hydrodynamics, Pascal's and Archimedes' Principles, and meteorological phenomena. The results indicate that SVEs favor meaningful learning, contextualization of concepts, and student autonomy, by allowing the manipulation of variables, analysis of real data, and the articulation between theory and practice. It is concluded that virtual simulation experiments (VSEs) constitute relevant pedagogical resources for overcoming structural limitations of distance education and expanding access to experimentation, recommending their expansion and investigation in different educational contexts.

Keywords: Digital Technologies. Simulated Virtual Experiments. Physics Teaching. Distance Education. Teacher Training.

RESUMEN

Este artículo investiga las contribuciones de las Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación (TDIC) a la enseñanza de la física, centrándose en el uso de Experimentos Virtuales Simulados (EVS) en cursos de educación a distancia de pregrado. La investigación, con un enfoque cualitativo y elementos cuantitativos, se llevó a cabo con estudiantes de la Universidad Federal de los Valles de Jequitinhonha y Mucuri, e implicó la aplicación de dos EVS: "Presión en un Fluido" y "Calculadora de Presión Atmosférica Local". Las actividades integraron contenidos de Hidrostática, Hidrodinámica, Principios de Pascal y Arquímedes, y fenómenos meteorológicos. Los resultados indican que los EVS favorecen el aprendizaje significativo, la contextualización de conceptos y la autonomía del estudiante, al permitir la manipulación de variables, el análisis de datos reales y la articulación entre la teoría y la práctica. Se concluye que los Experimentos Virtuales Simulados (EVS) constituyen recursos pedagógicos relevantes para superar las limitaciones estructurales de la educación a distancia y ampliar el acceso a la experimentación, recomendando su expansión e investigación en diferentes contextos educativos.

Palabras clave: Tecnologías Digitales. Experimentos Virtuales Simulados. Enseñanza de la Física. Educación a Distancia. Formación del Profesorado.

1 INTRODUÇÃO

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) têm assumido papel central nos processos educativos contemporâneos, especialmente na Educação a Distância (EaD), onde a ausência de laboratórios físicos impõe desafios à experimentação. No ensino de Física, tradicionalmente marcado pela prática experimental, os Experimentos Virtuais Simulados (EVS) surgem como recursos inovadores que permitem a manipulação de variáveis, a análise de dados e a modelagem de fenômenos, aproximando teoria e prática em ambientes digitais.

Pesquisas recentes evidenciam que o uso pedagógico das TDIC e de simulações computacionais favorece a aprendizagem significativa, a contextualização dos conteúdos e a autonomia discente (ARAÚJO et al., 2025; BASTOS et al., 2025; SILVA et al., 2022; TIMÓTEO et al., 2022). No ensino de Física, os EVS se destacam por oferecer ambientes interativos que reproduzem situações experimentais reais ou idealizadas, permitindo ao estudante formular hipóteses, coletar dados e analisar resultados (PEDROSO; ARAÚJO, 2013; MARTINS; BATISTA, 2022). Além disso, estudos como os de MACÊDO et al. (2014) reforçam que a integração de tecnologias digitais ao ensino contribui para práticas investigativas e colaborativas, alinhadas às demandas contemporâneas da educação.

Na formação inicial de professores, especialmente em cursos de Licenciatura em Física ofertados na modalidade EaD, os EVS assumem papel estratégico para superar limitações estruturais, ampliar o acesso à experimentação e promover reflexões didático-pedagógicas sobre o ensino de Ciências e Física em diferentes realidades educacionais (PEDROSO et al., 2024). Diante desse contexto, este artigo analisa as contribuições do uso de EVS no ensino de conceitos relacionados à pressão atmosférica, aplicados em cursos de Licenciatura em Física na modalidade EaD. Busca-se compreender como esses recursos potencializam a aprendizagem significativa e a articulação entre teoria e situações reais, fortalecendo práticas investigativas e colaborativas.

2 TECNOLOGIAS DIGITAIS E EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

A integração das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) ao ensino de Física tem sido amplamente discutida na literatura educacional, especialmente pela sua capacidade de promover aprendizagens mais significativas e contextualizadas. Estudos recentes apontam que simulações computacionais e laboratórios virtuais favorecem a interação, a investigação e a construção coletiva do conhecimento (ARAÚJO et al., 2025; TIMÓTEO et al., 2022). No ensino de Ciências, pesquisas como as de BASTOS et al. (2025) e SILVA et al. (2022) reforçam que ambientes digitais interativos contribuem para a transição de modelos transmissivos para abordagens centradas no estudante, nas quais a experimentação e a resolução de problemas assumem papel central.

Nesse contexto, os EVS configuram-se como recursos que permitem a exploração de fenômenos físicos por meio da manipulação de variáveis, da análise de dados e da articulação entre modelos teóricos e situações reais (MARTINS; BATISTA, 2022). Os trabalhos de Pedroso e colaboradores (PEDROSO; ARAÚJO, 2013; PEDROSO et al., 2024) reforçam essa perspectiva ao evidenciar que os EVS, quando articulados a sequências didáticas investigativas, contribuem para o desenvolvimento da compreensão conceitual e da autonomia discente, especialmente em cursos de Licenciatura em Física e Educação do Campo. Além disso, MACÊDO et al. (2014) destacam que a integração das TDIC ao ensino de Física amplia as possibilidades de práticas investigativas e colaborativas, alinhando-se às demandas contemporâneas da educação.

3 OS EXPERIMENTOS VIRTUAIS SIMULADOS

Os Experimentos Virtuais Simulados podem ser definidos como ambientes computacionais interativos que reproduzem, de forma dinâmica, situações experimentais reais ou idealizadas. Diferentemente de simulações computacionais, os EVS pressupõem a ação do estudante sobre o sistema, possibilitando a formulação de hipóteses, a coleta de dados e a análise de resultados.

Segundo Pedroso et al. (2023), os EVS não devem ser compreendidos como substitutos dos experimentos presenciais, mas como recursos complementares que ampliam as possibilidades de ensino e aprendizagem, especialmente em contextos de EaD. Entre suas principais potencialidades destacam-se a repetição ilimitada dos experimentos, a exploração segura de situações complexas, feedback instantâneo e personalizado, articulação entre dados reais de um laboratório e dados locais – onde se encontra o estudante – para obtenção de dados experimentais e a integração entre modelagem matemática e fenômenos físicos.

4 METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida caracteriza-se como um estudo de natureza qualitativa, com elementos quantitativos, realizado no contexto de um curso de Licenciatura em Física ofertados na modalidade EaD pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) campus Diamantina-MG. O Experimento Virtual Simulado de cálculo da pressão atmosférica local foi aplicado a estudantes de diferentes polos EaD ao longo do ano de 2025, como parte das atividades das Unidades Curriculares de Laboratório de Física II, Introdução ao Ensino de Ciências, Instrumentação para o Ensino de Física e Metodologia e Prática do Ensino de Física.

A coleta de dados que resultou na representação gráfica elencada na figura 08 ocorreu por meio de registros das atividades, respostas a questionários reflexivos e análises das produções escritas dos estudantes aplicados ante e após as intervenções com o uso dos EVS. A análise dos dados priorizou a

identificação de evidências de compreensão conceitual, capacidade de interpretação dos fenômenos físicos e articulação entre teoria e prática.

5 O EXPERIMENTO VIRTUAL SIMULADO PRESSÃO EM UM FLUIDO

A imagem abaixo (figura 01) mostra a tela de abertura do EVS – Pressão em um Fluido¹. Nela, o estudante encontra um breve diálogo que apresenta a situação-problema e relembra, em linguagem simples, os conceitos de Hidrostática necessários para avançar na atividade. A cada vez que o EVS é aberto (renderizado), novos valores são gerados automaticamente, permitindo que o estudante resolva diversas variações de um mesmo tipo de exercício, fortalecendo a compreensão dos conceitos envolvidos. Para o professor, isso significa que cada estudante terá uma questão exclusiva, o que facilita acompanhar o raciocínio individual e analisar as diferentes estratégias de resolução. Tanto os dados que compõem o gráfico quanto a profundidade e a pressão a serem previstas são atualizados a cada renderização do EVS no navegador, tornando a experiência mais dinâmica e personalizada.

Figura 01: Tela inicial do EVS Pressão em um Fluido

EVS - Pressão em um fluido

Neste EVS, você controlará um submersível para aferir a pressão em duas profundidades abaixo da superfície de um fluido. Com esses dados, será possível determinar a pressão acima do fluido e calcular sua densidade. O experimento ocorre em um local da Terra onde a aceleração da gravidade vale $9,78 \text{ N/kg}$. Em seguida, você deverá prever a pressão absoluta em uma profundidade que não aparece no gráfico, assumindo que a densidade do fluido permanece constante. Clique em 'Iniciar' para experienciar.

Nome:

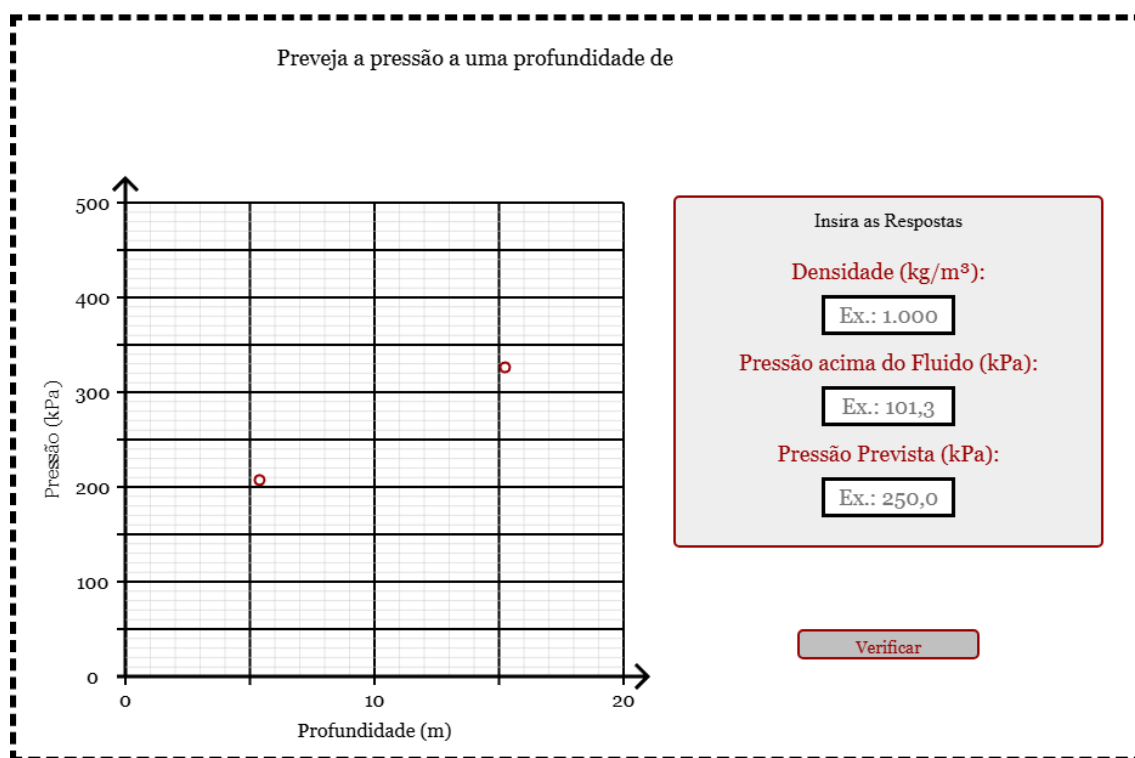
Fonte: Acervo dos autores

A imagem apresentada a seguir na figura 02 mostra o gráfico do qual o estudante deve extrair os dados necessários para resolver a questão proposta. Vale destacar que o estudante escolhe os pontos que deseja marcar no gráfico enquanto os sensores varrem o experimento e coletam os dados necessários. Após realizar todos os cálculos, o estudante deve inserir suas respostas nos campos indicados na interface e, em seguida, clicar no botão “Verificar” para conferir se estão dentro da margem de erro aceita pelo EVS. Abaixo são descritos, de forma organizada, os passos que o estudante deve seguir para chegar à solução completa da situação apresentada pelo EVS.

¹ Disponível para download em: https://drive.google.com/file/d/1Xk_YZ9tGdyMZLq6eKYjXx0dtWR9kNY57/view?usp=sharing (necessário descompactador instalado.)

Figura 02: Tela do EVS após os sensores varrerem a área do gráfico criando os pontos em destaque e boxes para o usuário digitar suas respostas às questões propostas.

EVS - Pressão em um fluido



Fonte: Acervo dos autores

5.1 PASSOS PARA A RESOLUÇÃO DA QUESTÃO PROPOSTA PELO EVS – PRESSÃO EM UM FLUIDO

1º passo:

O estudante 01 deve utilizar a relação entre pressão e profundidade:

$$P(h) = P_0 + \rho gh$$

Onde:

P_0 é a pressão na superfície do fluido – **local onde o estudante 01 está**, ρ a densidade do fluido, $g = 9,78 \text{ m/s}^2$ (este valor para a aceleração da gravidade é obtido com outro EVS – indisponível neste artigo - que calcula o valor de g local) e h a profundidade.

2º passo:

O estudante 01 deve ler os pontos do gráfico

Do gráfico (profundidade \times pressão), os dois pontos marcados são aproximadamente:

Ponto A: $h_A = 5,0 \text{ m}$, $P_A = 200 \text{ kPa}$

Ponto B: $h_B = 15,0 \text{ m}$, $P_B = 280 \text{ kPa}$



3º passo:

Calcular a densidade do fluido

Da equação:

$$P_B - P_A = \rho g (h_B - h_A)$$

$$\rho = \frac{P_B - P_A}{g(h_B - h_A)}$$

1. Diferença de pressão:

$$\Delta P = 280 - 200 = 80 \text{ kPa} = 80\,000 \text{ Pa}$$

2. Diferença de profundidade:

$$\Delta h = 15 - 5 = 10 \text{ m}$$

3. Densidade:

$$\rho = \frac{80\,000}{9,78 \times 10} = \frac{80\,000}{97,8} \approx 818 \text{ kg/m}^3$$

Portanto, no campo “Densidade (kg/m³)” entra aproximadamente $8,2 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$.

4º passo:

Calcular a Pressão acima do fluido (superfície)

Usando um dos pontos na equação

$$P = P_0 + \rho g h.$$

Com o ponto A:

1. Termo hidrostático em 5 m:

$$\begin{aligned}\rho gh_A &= 818 \times 9,78 \times 5 \\ 818 \times 9,78 &\approx 8\,001 \\ 8\,001 \times 5 &\approx 40\,005 \text{ Pa} \approx 40,0 \text{ kPa}\end{aligned}$$

2. Isolando P_0 :

$$\begin{aligned}P_0 &= P_A - \rho gh_A \\ P_0 &\approx 200 \text{ kPa} - 40 \text{ kPa} = 160 \text{ kPa}\end{aligned}$$

Logo, a “Pressão acima do Fluido (kPa)” é aproximadamente 160 kPa. Note que isso é maior que a pressão atmosférica local de 1010 hPa = 101 kPa; portanto, a superfície está sob um gás comprimido (como em um reservatório fechado), não exposta diretamente à atmosfera.

5º passo:

Calcular a Pressão a 47,3 m de profundidade

Use novamente $P(h) = P_0 + \rho gh$ para $h = 47,3$ m.

1. Calcular o termo ρgh :

$$\begin{aligned}\rho gh &= 818 \times 9,78 \times 47,3 \\ 818 \times 9,78 &\approx 8\,001 \\ 8\,001 \times 47,3 &\approx 378\,000 \text{ Pa} = 378 \text{ kPa}\end{aligned}$$

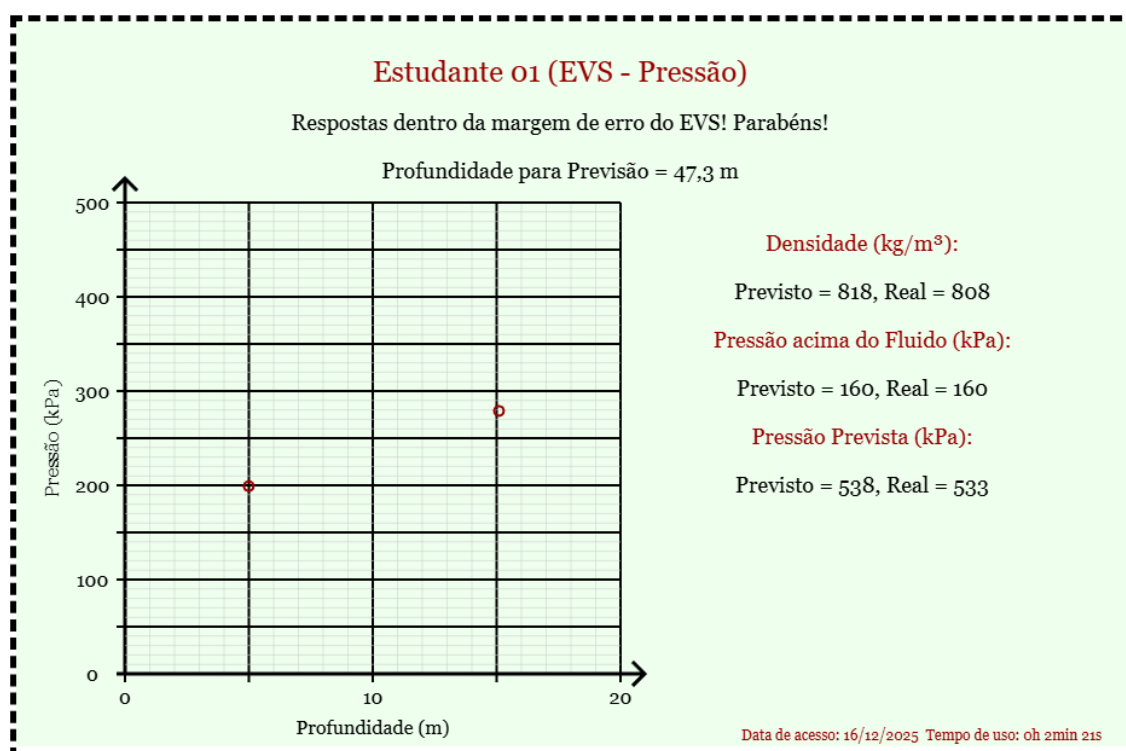
2. Adicionar com P_0 :

$$P(47,3) = 160 \text{ kPa} + 378 \text{ kPa} \approx 538 \text{ kPa}$$

Então, o valor para “Pressão Prevista (kPa)” é aproximadamente $5,4 \times 10^2$ kPa, isto é, cerca de 540 kPa. Como se vê na figura 03 abaixo.

Figura 03: Tela final do EVS após a correção.

EVS - Pressão em um fluido



Fonte: Acervo dos autores.

Note, pela figura 03 acima, que nos EVS, o foco não está em obter resultados “exatos” dos cálculos, mas em verificar se as respostas dos estudantes se encontram dentro de uma margem de erro considerada adequada para aquela situação. Em cada EVS, essa margem é definida a partir do grau de dificuldade da questão proposta e é calculada por meio do erro relativo em relação às respostas de referência. Dessa forma, os valores aceitos podem variar aproximadamente entre 3% e 8%, o que permite contemplar pequenas imprecisões numéricas, sem deixar de avaliar se o estudante compreendeu corretamente os conceitos e procedimentos envolvidos na resolução.

Cada EVS também conta com um sistema próprio de registro das atividades (vide destaque no rodapé direito da figura 03, que guarda automaticamente a data e o tempo dedicado em que cada experimento virtual é realizado. Esse tipo de rastreamento é uma característica exclusiva dos EVS e permite acompanhar, com precisão, quando e como cada estudante interagiu com a ferramenta. Dessa forma, o professor consegue individualizar o processo de aprendizagem, identificando o ritmo, a frequência de uso e as dificuldades específicas de cada participante, o que favorece intervenções mais focadas e personalizadas.

6 O EVS CALCULADORA DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA LOCAL

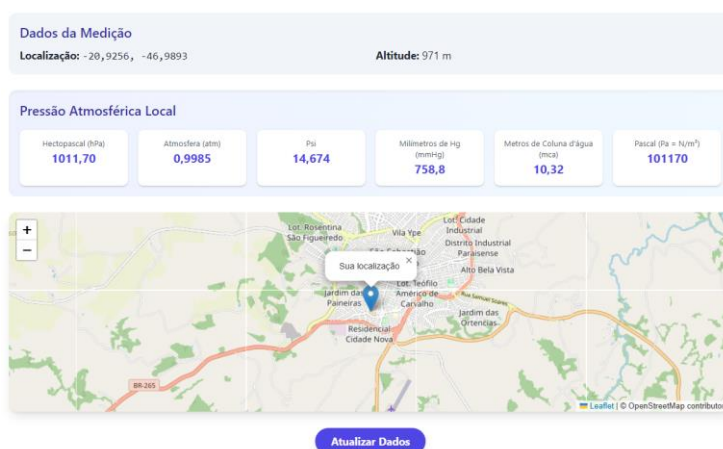
O EVS “Calculadora de Pressão Atmosférica Local²” que acompanha e está associado ao EVS Pressão de um Fluido tem como objetivo principal permitir que o estudante estime e analise o valor da pressão atmosférica local a partir de sua própria localização geográfica. Para isso, o EVS integra dados de latitude, longitude e altitude, obtidos por geolocalização, a um modelo físico baseado na fórmula barométrica da atmosfera padrão.

A imagem logo abaixo retrata a tela principal da “Calculadora de Pressão Atmosférica Local”, que utiliza a localização geográfica do usuário para estimar automaticamente a pressão no ponto em que ele se encontra. Este EVS é totalmente responsivo adaptando-se às mais diversas telas (smartphones e computadores) e navegadores.

No topo do recorte da figura 04, são exibidas as coordenadas de latitude e longitude, bem como a altitude do local, e logo abaixo aparece um painel que apresenta a pressão atmosférica convertida em diferentes unidades (hPa, atm, psi, mmHg, metros de coluna d’água e Pa), o que amplia as possibilidades de leitura e de articulação com livros, outros EVS e instrumentos variados. Na parte inferior, um mapa interativo marca visualmente a posição do usuário, permitindo relacionar o valor numérico da pressão às características geográficas do entorno e a contextos do cotidiano, como cidade, bairro ou região. Caso o estudante realize novo experimento, em um outro horário do dia, basta clicar em “Atualizar dados” que os dados serão coletados novamente. Esse tipo de EVS, que calcula grandezas científicas diretamente no local do estudante, potencializa atividades investigativas de campo, comparações entre diferentes pontos de uma mesma cidade ou entre escolas de regiões distintas, além de favorecer projetos colaborativos em que os dados gerados em casa ou na escola se tornam material para análise estatística, modelagem e discussão sobre clima, relevo e atmosfera.

Figura 04: Recorte da tela inicial do EVS.
Calculadora de Pressão Atmosférica Local

Prof. Luciano Soares Pedrosa — © 2025



Fonte: Acervo dos autores.

² Disponível para download em: <https://drive.google.com/file/d/1NOaU5cUvIfWwZLDdUfbxuOfBnrqBRnfF/view?usp=sharing> (necessário descompactador instalado.)

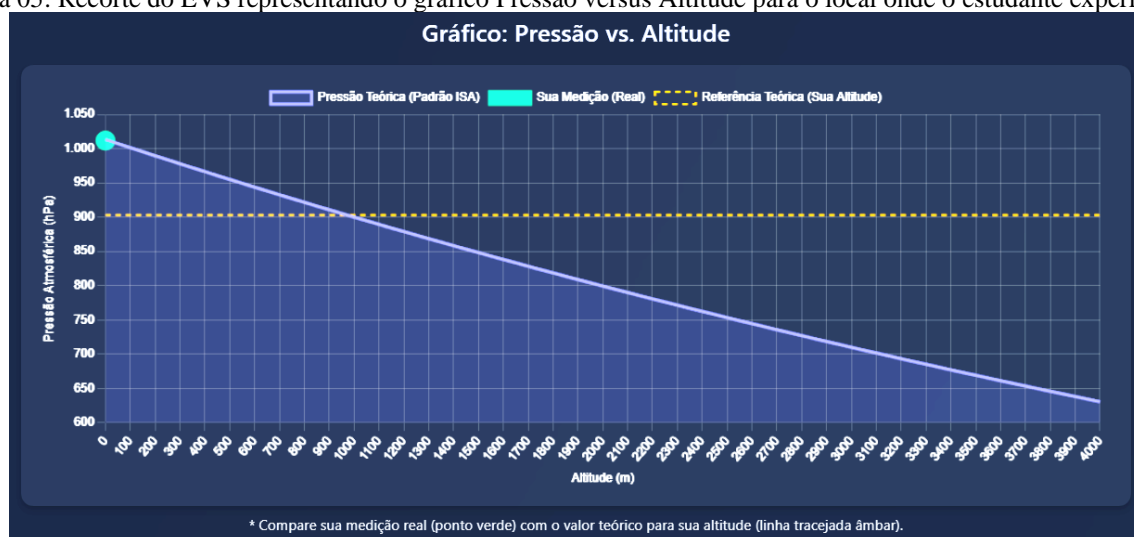
Destaca-se que este EVS apresenta os resultados em diferentes unidades de pressão, gráficos interativos e mapas, possibilitando ao estudante comparar valores teóricos e estimativas baseadas em dados reais. Essa abordagem favorece a compreensão da relação entre pressão atmosférica, altitude e densidade do ar, articulando conceitos fundamentais da Hidrostática e da Hidrodinâmica.

O recorte referente à figura 05 logo abaixo, mostra a área gráfica da calculadora de pressão atmosférica local, organizada como um gráfico “Pressão vs. Altitude”, com a altitude em metros no eixo horizontal e a pressão atmosférica em hPa no eixo vertical. Na parte superior do plano cartesiano aparece uma curva azul contínua, identificada na legenda como “Pressão Teórica (Padrão ISA)”, que representa a variação da pressão com a altitude segundo o modelo padrão da atmosfera.

Sobre essa curva, próximo de 0 m de altitude, destaca-se um marcador verde (“Sua Medição (Real)”) indicando a pressão medida pelo usuário, permitindo comparar visualmente o valor real com o valor previsto teoricamente para a mesma altitude. A legenda também prevê um terceiro elemento, uma linha tracejada ambar (“Referência Teórica (Sua Altitude)”), destinada a marcar a pressão teórica correspondente à altitude específica do usuário. Logo abaixo do gráfico, uma nota orienta o usuário a confrontar sua medida real com o valor teórico indicado, reforçando o caráter investigativo e comparativo da ferramenta.

Além disso, o EVS permite discutir a pressão atmosférica como fenômeno físico presente em diferentes contextos, relacionando-a aos Princípios de Pascal e Arquimedes e a fenômenos meteorológicos, como variações climáticas e sistemas de alta e baixa pressão.

Figura 05: Recorte do EVS representando o gráfico Pressão versus Altitude para o local onde o estudante experienciou.



Fonte: Acervo dos autores.

Este outro recorte da Calculadora de Pressão Atmosférica Local, figura 06, apresenta a seção de referência teórica do EVS, organizada em dois blocos principais: uma tabela de valores e a formulação matemática utilizada para obtê-los. Na parte superior, a “Tabela de Referência de Pressão Atmosférica” lista diferentes locais e altitudes, desde o nível do mar até o cume do Everest, indicando

para cada ponto a pressão correspondente em hPa e em atmosferas, o que permite ao usuário comparar rapidamente sua própria medição com valores típicos de regiões conhecidas. Logo abaixo, surge o bloco “Equação Utilizada”, onde é exibida a forma simplificada da fórmula barométrica, $P(h) = P_0 \cdot e^{-h/8435}$, acompanhada de uma legenda detalhada que explica o significado físico de cada variável e constante empregadas, como pressão ao nível do mar, aceleração da gravidade, massa molar do ar, constante dos gases e temperatura padrão. Esse conjunto de informações conecta, de maneira explícita, os cálculos realizados pela calculadora ao modelo de atmosfera padrão, reforçando o caráter didático do recurso ao tornar transparente tanto a origem dos números apresentados quanto os pressupostos físicos envolvidos.

Figura 06: Tabela de Referência de valores de Pressão Atmosférica para diferentes locais e equações usadas no cálculo da pressão barométrica.

Tabela de Referência de Pressão Atmosférica

Local	Altitude (m)	Pressão (hPa)	Pressão (atm)
Nível do Mar	0	1013,25	1,0000
São Paulo (SP)	760	925,95	0,9138
Belo Horizonte (MG)	852	915,90	0,9039
Brasília (DF)	1167	882,33	0,8708
Serra da Mantiqueira (MG)	2798	727,20	0,7177
Pico da Bandeira (MG)	2891	719,23	0,7098
Pico da Neblina (RR)	2993	710,58	0,7013
Evereste	8848	354,94	0,3503

Equação Utilizada

Fórmula Barométrica (modelo de atmosfera padrão simplificada):

$$P(h) = P_0 \cdot e^{-\frac{Mg}{RT}h} \approx P_0 \cdot e^{-h/8435}$$

Significado das variáveis:

- $P(h)$ — pressão atmosférica na altitude h
- $P_0 = 1013,25$ hPa — pressão ao nível do mar (padrão)
- h — altitude (m)
- e — número de Euler (aprox. 2,718)
- $M = 0,029$ kg/mol — massa molar média do ar seco
- $g = 9,81$ m/s² — aceleração gravitacional padrão
- $R = 8,314$ J/(mol·K) — constante universal dos gases
- $T = 288,15$ K (15 °C) — temperatura padrão ao nível do mar

Fonte: Acervo dos autores.

Por fim, este último recorte representado pela figura 07, apresenta a seção da calculadora dedicada a explicar, de forma conceitual, por que a pressão medida em um determinado local pode diferir do valor teórico previsto pela atmosfera padrão. Na parte superior, um texto introdutório esclarece que a fórmula barométrica descreve uma atmosfera “padrão e estática”, enquanto a atmosfera real é constantemente modificada pelos sistemas de tempo, de modo que a diferença entre o valor calculado e o valor medido funciona como uma “assinatura” do clima local. Em seguida, três fatores principais são destacados em tópicos: a dinâmica das massas de ar (quente e fria), o movimento vertical

do ar (subida por convecção ou descida por subsidência) e a umidade do ar, cada um associado qualitativamente a aumentos ou diminuições de pressão e a diferentes tipos de tempo, como céu limpo, instabilidade ou formação de nuvens. Na parte inferior, uma tabela-resumo organiza essas informações em colunas, relacionando cada fator climático à forma como altera a pressão, ao tipo de sistema resultante (alta ou baixa pressão) e às condições típicas associadas, como chuva, tempestades, céu claro ou sensação de abafamento, reforçando a articulação entre leitura numérica da pressão e interpretação meteorológica do ambiente.

Figura 07: Fatores Climáticos que afetam os valores entre a Pressão Atmosférica Local e a Pressão Barométrica.

Fatores Climáticos que Alteram a Pressão Atmosférica

A fórmula barométrica descreve uma **atmosfera padrão e estática**. A pressão real que medimos, no entanto, é alterada dinamicamente pelos sistemas de tempo. A diferença entre o valor medido e o valor teórico é a "assinatura" do clima local.

Os principais fatores são:

- **Dinâmica de Massas de Ar:** O ar quente é menos denso e cria **baixas pressões** (tempo instável, chuvas). O ar frio é mais denso e cria **altas pressões** (tempo estável, céu limpo).
- **Movimento Vertical do Ar:** O ar que sobe (convecção) diminui a pressão na superfície, enquanto o ar que desce (subsidência) a aumenta.
- **Umidade do Ar:** O ar úmido é ligeiramente mais leve que o ar seco, tendendo a gerar pressões um pouco mais baixas.

Conclusão: Se sua medição for **maior** que a teórica, você está em uma zona de **alta pressão**. Se for **menor**, está em uma zona de **baixa pressão**.

Tabela Resumo: Fatores e Sistemas de Pressão

Fator Climático	Como Altera a Pressão	Tipo de Sistema	Condições Associadas
Massa de Ar Quente	Diminui (ar menos denso)	Baixa Pressão	Instável, chuvas, tempestades
Massa de Ar Frio	Aumenta (ar mais denso)	Alta Pressão	Estável, céu limpo, tempo seco
Ar Subindo (Convecção)	Diminui (vácuo na superfície)	Baixa Pressão	Formação de nuvens e chuvas
Ar Descendo (Subsidência)	Aumenta (compressão)	Alta Pressão	Céu claro, sem nuvens
Alta Umidade	Diminui ligeiramente (ar mais leve)	Tende a Baixa Pressão	Sensação de abafamento, chuvas

Fonte: Acervo dos autores.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das atividades realizadas pelos licenciandos em Física da UFVJM com os dois Experimentos Virtuais Simulados — *Pressão em um Fluido* e *Calculadora de Pressão Atmosférica Local* — revelou avanços significativos na compreensão de conceitos relacionados à Hidrostática, Hidrodinâmica, Princípios de Pascal e Arquimedes, além de fenômenos climáticos. Os estudantes demonstraram capacidade de interpretar a variação da pressão atmosférica em função da altitude e das condições ambientais, articulando dados reais, visualizações gráficas e modelagem matemática.

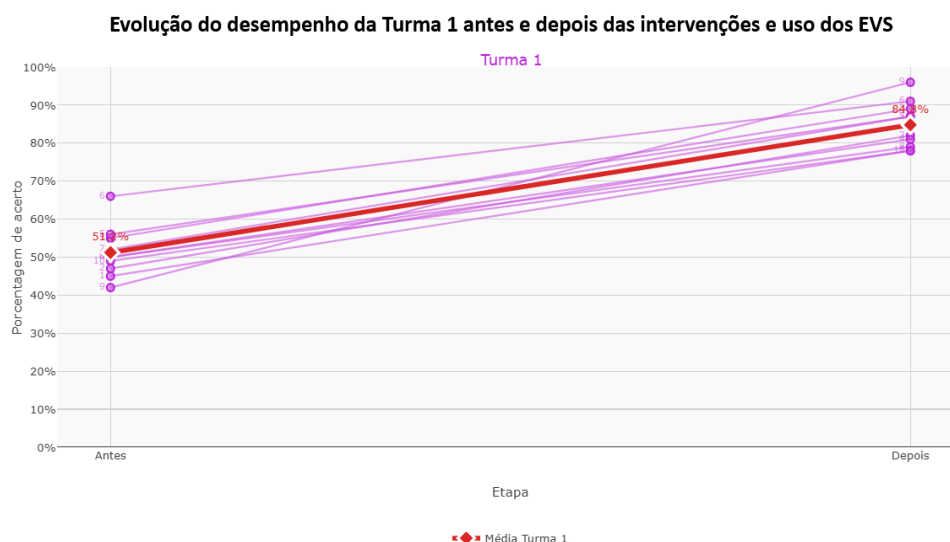
Embasados nos dados apresentados na Figura 08, observa-se um ganho conceitual expressivo após a intervenção pedagógica mediada pelo uso dos EVS. Antes da intervenção, a turma apresentou média de acertos de aproximadamente 54%, evidenciando uma compreensão ainda fragmentada dos conceitos associados à pressão em fluidos, à hidrostática e às suas articulações com fenômenos físicos e meteorológicos. Após a utilização orientada dos EVS, aliada às explicações do professor durante uma aula síncrona de 50 minutos, a média de desempenho elevou-se para cerca de 84%, o que corresponde

a um incremento médio próximo de 30 pontos percentuais, indicando a elevada efetividade pedagógica desse recurso digital. A análise individual dos resultados reforça esse achado coletivo, uma vez que todos os estudantes ($n = 10$) apresentaram evolução positiva, sem registros de regressão no desempenho.

Destaca-se, em particular, o estudante 9, que apresentou o maior ganho conceitual, passando de 42% de acertos no momento pré-intervenção para 96% no pós-intervenção, totalizando um aumento de 52 pontos percentuais. Esse resultado sugere que o EVS atuou como um mediador cognitivo eficaz, favorecendo a visualização dinâmica das variações da pressão atmosférica local e sua articulação com o Princípio de Pascal, o Empuxo descrito por Arquimedes, bem como com situações contextualizadas da Hidrodinâmica e da Meteorologia.

Tais evidências empíricas estão em consonância com os resultados apresentados em Pedroso et al. (2023), nos quais os autores demonstram que os EVS, quando concebidos com intencionalidade pedagógica e integrados à mediação docente, promovem avanços significativos na compreensão conceitual de fenômenos físicos, especialmente em contextos de formação inicial de professores e na Educação a Distância. Nesse sentido, o presente estudo amplia e aprofunda as análises já discutidas por Pedroso et al. (2024), ao evidenciar que EVS baseados em dados contextualizados — como o cálculo da pressão atmosférica local — potencializam processos de reconstrução conceitual, especialmente entre estudantes com maiores dificuldades iniciais, contribuindo para a redução das desigualdades de desempenho e para a promoção de uma aprendizagem mais significativa. Esses resultados corroboram, portanto, a literatura sobre o uso das TDIC no Ensino de Física, em especial no contexto da Educação a Distância, ao demonstrar que a integração entre simulações interativas, resolução orientada de problemas e mediação docente potencializa a compreensão conceitual e o engajamento dos licenciandos.

Figura 08: Resultados da evolução conceitual dos estudantes da turma 1 antes e após as intervenções com o uso dos EVS.



Reconhece-se que os resultados corroboram estudos anteriores que apontam o potencial das TDIC e das simulações computacionais para promover aprendizagens mais significativas e contextualizadas (ARAÚJO et al., 2025; SILVA et al., 2022; TIMÓTEO et al., 2022). Assim como observado por BASTOS et al. (2025), a integração de recursos digitais favoreceu práticas investigativas e colaborativas, permitindo aos estudantes atuar de forma ativa na resolução de problemas. Além disso, os achados confirmam as conclusões de Pedroso e colaboradores (PEDROSO; ARAÚJO, 2013; PEDROSO et al., 2024), que destacam a eficácia dos EVS para superar limitações estruturais da EaD e ampliar o acesso à experimentação.

No caso específico do EVS *Pressão em um Fluido*, verificou-se que a manipulação de variáveis e a análise de gráficos interativos contribuíram para consolidar conceitos tradicionalmente tratados de forma abstrata. Já a *Calculadora de Pressão Atmosférica Local* permitiu aos estudantes relacionar teoria e prática por meio da coleta de dados geográficos e da comparação com modelos teóricos, favorecendo discussões sobre clima e fenômenos meteorológicos. Essa abordagem está alinhada às recomendações de MARTINS e BATISTA (2022), que defendem o uso de simulações interativas para fortalecer a compreensão conceitual e a autonomia discente.

Os resultados indicam que os EVS não apenas potencializam a aprendizagem significativa, mas também promovem a contextualização dos conteúdos e o desenvolvimento de competências investigativas, confirmando sua relevância para a formação inicial de professores na modalidade EaD.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo evidencia que a utilização de dois Experimentos Virtuais Simulados — *Pressão em um Fluido* e *Calculadora de Pressão Atmosférica Local* — constitui uma estratégia pedagógica eficaz para o ensino de Física na modalidade EaD, especialmente na formação inicial de professores. A manipulação desses EVS pelos licenciandos em Física da UFVJM possibilitou não apenas a compreensão da variação da pressão atmosférica em função da altitude e das condições ambientais, mas também a articulação com conceitos fundamentais de Hidrostática, Hidrodinâmica, Princípios de Pascal e Arquimedes, além de fenômenos climáticos.

Os resultados indicam que a integração de dados reais, visualizações gráficas e modelagem matemática favoreceu a aprendizagem significativa, tornando os conteúdos mais concretos e contextualizados. Essa abordagem permitiu que os estudantes atuassem de forma investigativa, estabelecendo relações entre teoria e prática e desenvolvendo autonomia intelectual — aspectos corroborados por estudos anteriores sobre o potencial das TDIC e dos EVS no ensino de Ciências e Física.

Defende-se, portanto, a ampliação do uso e da pesquisa sobre EVS em diferentes contextos educacionais, considerando sua capacidade de superar limitações estruturais da EaD e de promover



práticas pedagógicas inovadoras, alinhadas às demandas contemporâneas da educação mediada por tecnologias.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, G. S.; CORREIA, E. S.; SILVA, W. B.; DOS SANTOS, E. P.; XAVIER, J. V. L. Simulações computacionais no ensino de Física: desafios e potencialidades. *Lumen et Virtus*, v. 16, n. 46, p. 2 795–2 805, 2025. DOI: 10.56238/levv16n46-084. Disponível em: <<https://periodicos.newsciencepubl.com/LEV/article/view/4102>>. Acesso em: 11 dez. 2025.
- BASTOS, A. L. P.; SOBRINHO, J. S. M.; FREIRE, P. T. C.; SANTIAGO, S. B. Uso das TDICs no ensino interdisciplinar de Física e Química: revisão sistemática da literatura. *Ensino em Perspectivas*, v. 6, n. 1, 2025. DOI: 10.52521/enpe.v6i1.15341. Disponível em: <<https://revistas.uece.br/index.php/ensinoemperspectivas/article/view/15341>>. Acesso em: 12 dez. 2025.
- MACÊDO, J. A.; PEDROSO, L. S.; VOELZKE, M. R.; ARAÚJO, M. S. T. Levantamento das abordagens e tendências dos trabalhos sobre as Tecnologias de Informação e Comunicação apresentados no XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, n. 1, p. 167–197, 2014. Disponível em: <<https://www.periodicos.ufsc.br/index.php/cbge>>. Acesso em: 18 dez. 2025.
- MARTINS, M. A.; BATISTA, A. M. L. Simulações interativas e vídeos didáticos: análise do uso dessas estratégias para o auxílio da aprendizagem de conteúdos da disciplina de Física. *Educere et Educare*, v. 17, n. 42, p. 327–346, 2022. DOI: 10.48075/educare.v17i42.23311. Disponível em: <<https://e-revista.unioeste.br/index.php/educereeteducare/article/view/23311>>. Acesso em: 24 nov. 2025.
- PEDROSO, L. S.; ARAÚJO, M. S. T. Simulações interativas no ensino de conceitos de eletromagnetismo. *REMATEC*, v. 8, n. 14, p. 53–73, 2013. Disponível em: <<https://www.rematec.net.br>>. Acesso em: 18 dez. 2025.
- PEDROSO, L. S.; COSTA, G. A. O ensino de Física através de experimentos virtuais simulados na educação do campo. In: *Educação: as principais abordagens desta área*, v. 2, p. 1 420–1 430, 2023. Seven Editora. DOI: 10.56238/sevedi76016v22023-087. Disponível em: <<https://sevenpublicacoes.com.br>>. Acesso em: 18 dez. 2025.
- PEDROSO, L. S.; FERREIRA, M. M.; BATISTA, V. R.; BATISTA, V. D. R. Experimentos virtuais simulados para o ensino de Física. In: *Semana de Integração: Ensino, Pesquisa e Extensão da UFVJM (V ENID)*, 2024, Diamantina. *Anais...* Diamantina: UFVJM, 2025. ISBN 978-65-272-0943-0.
- PEDROSO, L. S.; PIMENTA NETO, F.; DA COSTA, G. A.; TEIXEIRA, R. A. Aplicações de experimentos virtuais simulados no ensino de Física: análise dos equivalentes termomecânico e termoeletrico. *Lumen et Virtus*, São José dos Pinhais, v. 15, n. 40, p. 4 325–4 351, 2024. DOI: 10.56238/levv15n40-016. Disponível em: <<https://periodicos.newsciencepubl.com/LEV/article/view/444>>. Acesso em: 22 out. 2025.
- SILVA, C. M. S.; ROMEU, M. C.; BARROSO, M. C. S. Uso de simulações computacionais em aulas de Física: uma revisão sistemática de literatura (RSL). *Revista Insignare Scientia*, v. 5, n. 3, 2022. DOI: 10.36661/2595-4520.2022v5n3.12664. Disponível em: <<https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12664>>. Acesso em: 12 dez. 2025.
- TIMÓTEO, D. J. A. et al. Pedagogical practices supported by virtual laboratories in the teaching-learning process of Physics: a systematic review of the literature. *Research, Society and*



Development, v. 11, n. 15, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i15.37280. Disponível em:
<<https://rsdjournal.org/rsd/article/view/37280>>. Acesso em: 21 nov. 2025.