

Da internet à sala de aula: um estudo exploratório de laboratórios brasileiros de experimentação controlados remotamente para aprendizagem de física

1

From the internet to the classroom: an exploratory study of Brazilian remotely controlled experimentation labs for physics learning

De internet al aula: un estudio exploratorio de laboratorios brasileños de experimentación controlada de forma remota para el aprendizaje de la física

Juliana Mendes Nogueira¹
Maria José Fontana Gebara²

Resumo: Com o crescimento do interesse de educadores por métodos inovadores no ensino de Física, tornou-se pertinente investigar as possibilidades e desafios que acompanham a integração de diferentes estratégias pedagógicas. O objetivo geral deste estudo foi explorar qualitativamente como a experimentação remota, por meio de laboratórios brasileiros controlados digitalmente, pode se integrar de maneira eficaz ao ensino de Física na educação básica. Sendo assim, a pesquisa concentrou-se em quatro laboratórios remotos ativos, avaliando sua aplicabilidade pedagógica e as limitações técnicas envolvidas. A análise foi baseada em critérios que incluíram a usabilidade dos dispositivos experimentais, a adequação dos materiais de apoio aos professores, a eficácia dos recursos tecnológicos para controle dos experimentos e a acessibilidade das plataformas digitais. Os resultados evidenciam o potencial dessas ferramentas para enriquecer o ensino de Física, promovendo práticas pedagógicas inovadoras e investigativas, mas também destacam a necessidade de superar barreiras estruturais e técnicas para alcançar uma aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Educação mediada por tecnologia. Experimentação. Inovação pedagógica no Ensino de Física.

Abstract: With the growing interest of educators in innovative methods for teaching Physics, it has become relevant to investigate the possibilities and challenges associated with integrating different pedagogical strategies. The general objective of this study was to qualitatively explore how remote experimentation, through digitally controlled Brazilian laboratories, can be effectively integrated into Physics education at the basic education level. Therefore, the research focused on four active remote laboratories, evaluating their pedagogical applicability and the technical limitations involved. The analysis was based on criteria that included the usability of experimental devices, the adequacy of support materials for teachers, the effectiveness of technological resources for controlling experiments, and the accessibility of digital platforms. The results highlight the potential of these tools to enrich Physics teaching by promoting innovative and investigative pedagogical practices, while also emphasizing the need to overcome structural and technical barriers to achieve meaningful learning.

Keywords: Technology-mediated education. Experimentation. Pedagogical innovation in physics teaching.

¹ Mestranda em Tecnologia Nuclear – Reatores pelo Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares (IPEN) associado à Universidade de São Paulo (USP). Graduada em licenciatura em Física pela Universidade Federal São Carlos (UFSCar). <https://orcid.org/0009-0006-1492-1937>. E-mail: julianamendesnogueira@usp.br

² Doutora em Ciências (UNICAMP). Docente da Universidade Federal São Carlos. <https://orcid.org/0000-0002-9399-3683>. E-mail: maria.gebara@ufscar.br



Resumen: Con el creciente interés en métodos innovadores para la enseñanza de Física, se vuelve relevante investigar las posibilidades y desafíos de integrar diferentes estrategias pedagógicas. Este estudio fue explorar cualitativamente cómo la experimentación remota, mediante laboratorios brasileños controlados digitalmente, puede incorporarse efectivamente en la educación básica. Por lo tanto, la investigación se centró en cuatro laboratorios remotos activos, evaluando su aplicabilidad pedagógica y las limitaciones técnicas. Se analizaron criterios como la usabilidad de los dispositivos, la adecuación de los materiales para los docentes, la eficacia de los recursos tecnológicos en el control de experimentos y la accesibilidad de las plataformas. Los resultados subrayan el potencial de estos laboratorios para enriquecer la enseñanza de Física, promoviendo prácticas pedagógicas innovadoras e investigativas. No obstante, también destacan la necesidad de superar barreras estructurales y técnicas para alcanzar un aprendizaje significativo.

Palabras-clave: Educación mediada por tecnología. Experimentación. Innovación pedagógica en la enseñanza de la física.

Submetido 10/03/2025

Aceito 22/08/2025

Publicado 02/09/2025

Introdução

Os problemas no ensino de Física decorrentes do uso excessivo de aulas expositivas são significativos e comprometem a qualidade da aprendizagem. Estudos indicam que essa abordagem centrada no professor, em que os alunos assumem um papel passivo, resulta em uma compreensão superficial dos conceitos e impede o desenvolvimento de habilidades críticas e analíticas (Freire, 1987; Ribeiro, 2008). A ausência de métodos ativos de ensino, como experimentos práticos e discussões em grupo, diminui a motivação e o interesse dos alunos pela matéria, além de limitar sua capacidade de aplicar conhecimentos teóricos a situações reais (Mazur, 1997). Consequentemente, a educação em Física se torna descontextualizada e ineficaz, falhando em preparar os alunos para desafios acadêmicos e profissionais futuros.

A importância da diversificação metodológica foi destacada nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), que orientaram a educação básica no Brasil de 1999 a 2018. Com a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) em 2019, torna-se essencial adotar propostas de ensino que revitalizem as aulas teóricas, integrando metodologias ativas, estratégias didático-pedagógicas e recursos tecnológicos. Essa abordagem oferece suporte indispensável ao processo de ensino e aprendizagem, promovendo uma educação mais dinâmica e significativa. Dentre as metodologias e estratégias mencionadas, e de acordo com a BNCC (Brasil, 2019), a prática experimental deve integrar-se a todo o processo educacional, viabilizando a elaboração de significados relevantes para o estudante, assim como a formação do raciocínio científico e crítico. Conforme apontado por Moraes (2014), a relevância da experimentação como um instrumento pedagógico reside na estimulação dos alunos por meio da curiosidade suscitada durante a atividade.

Numerosas são as metodologias e abordagens de ensino propostas como alternativas para o método expositivo, frequentemente utilizado nas aulas de Física da educação básica no Brasil. Dentre essas abordagens, que visam estimular os processos de aprendizagem, destacamos, entre outras, a incorporação da História e Filosofia da Ciência; a Interdisciplinaridade; a ênfase na Experimentação; a exploração da temática Física Ambiental; as conexões entre Física e Arte; a abordagem da Física Moderna como elemento motivador; o enfoque em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA); e o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) ou Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC).

Refletindo sobre a construção do conhecimento científico, Matos e Valadares (2002, p.236) mencionam que “as actividades experimentais de cariz construtivista e investigativo ajudam os alunos a aprender melhor os conceitos ao facilitarem a actividade de pesquisa sobre várias questões com eles relacionadas”. Borges (2005), por sua vez, destaca que a experimentação auxilia o aluno a compreender, de fato, como as teorias e conhecimentos são construídos.

Para Casteleins (2011), entretanto, existe um conjunto de elementos que deve ser levado em consideração, quando a experimentação é empregada como recurso didático, que inclui materiais de laboratório; textos complementares para alunos e professores; e a necessidade de atualização constante, por meio de treinamentos, do docente. Borges (2002) realça que é necessário que as atividades práticas sejam cautelosamente planejadas, para que sua utilização seja efetiva, observando o objetivo da atividade e os conhecimentos prévios dos alunos. Por sua vez, Tavares (2014, p.4) ressalta a importância da atualização dos docentes, tendo em vista que os jovens da atualidade “estão cada vez mais conectados ao mundo virtual. Ignorar essa realidade, apenas aumentará o abismo didático entre mestre e educando.”

Outra estratégia de ensino que tem recebido reconhecimento está vinculada à utilização de recursos tecnológicos. Conforme apresentado na BNCC (Brasil, 2019, p. 475), recomenda-se que os educadores utilizem de “diversas ferramentas de software e aplicativos para compreender e produzir conteúdos em diversas mídias, simular fenômenos e processos das diferentes áreas do conhecimento”. Costa (1995, p.232) enfatiza a relevância que os recursos computacionais desempenham ao serem empregados no ensino de Física, defendendo que “quando empregado criteriosamente, se transforma numa ferramenta auxiliar de valor inestimável para o aprendizado e numa fonte de estímulo à criatividade inesgotável”.

As Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), compreendidas como ferramentas, recursos e sistemas tecnológicos que permitem criar, armazenar, compartilhar e acessar informações (UNESCO, 2005), não foram originalmente desenvolvidas para serem usadas em sala de aula, mas sim para auxiliar a sociedade (Studart, 2017, p. 5-8). No entanto, devido às suas potencialidades, é desejável que os professores as incorporem no ambiente escolar, “[...] pois cada vez mais crianças e jovens as utilizam em seu dia a dia motivados por interesses diversos [...]”. Além disso, Costa *et al.* (2012, p. 26) afirmam que não se trata de suprimir o

método expositivo de ensino, mas sim utilizar-se das TIC para exibir o “que não poderia ser feito antes delas existirem”.

Ainda segundo os autores Arantes, Miranda e Studart (2010, p.30), é possível vislumbrar os êxitos na utilização desses recursos tecnológicos, também chamados de objetos virtuais de aprendizagem, pois, atualmente, os discentes já estão sendo formados “em um ambiente totalmente permeado pela informática, de modo que essa tecnologia educacional tende a ser bem recebida”.

Taha *et al.* (2016) indicam que, para o ensino de Ciências, de fato, não existe uma metodologia de ensino verdadeiramente eficaz; no entanto, uma combinação de várias estratégias pode ser uma alternativa muito vantajosa. Com essa ideia em mente, os métodos tradicionais de utilização de recursos experimentais em sala de aula podem ser conduzidos de maneira computadorizada, permitindo a manipulação de experimentos com o auxílio de um computador. Evidencia-se, dessa forma, que a associação entre Experimentação e Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) apresenta um potencial significativo de contribuição com o processo de ensino aprendizagem de Física.

Ao analisar novas práticas de ensino, é perceptível que a tecnologia desempenha um papel crucial ao facilitar a aproximação dos alunos às disciplinas. Simão *et al.* (2013, p. 2), afirmam que “a tecnologia exerce [...] função primordial de mediar e facilitar a aproximação do aluno com as disciplinas”. Isto é, as tecnologias digitais de informação e comunicação associadas a experimentos apresentam vantagens quando utilizadas como recurso didático.

Desse modo, o propósito central deste estudo foi analisar os limites e as contribuições de laboratórios brasileiros remotamente controlados que podem ser empregados nas aulas de Física na educação básica. Tais recursos tecnológicos viabilizam a incorporação da experimentação no ensino de Física, além de favorecerem a disseminação dos métodos científicos na educação, uma das diretrizes do Programa "Educação para Todos" da UNESCO³. Vale ressaltar que esses recursos se revelaram como uma das soluções no ensino remoto durante a pandemia do coronavírus (COVID-19).

Cabe destacar que esta pesquisa tem suas origens em um projeto de iniciação científica conduzido a partir do edital 001/2020 da Pró-Reitoria de Pesquisa (ProPq) da Universidade

³ UNESCO. Ensino de Ciências: o futuro em risco. Série Debates VI. Brasília, UNESCO, 2005

Federal de São Carlos (ID Projeto: 7882), tendo sido continuada em um trabalho de conclusão de curso (Nogueira, 2023).

Experimentação na Aprendizagem Científica

Conforme mencionado por Silva (2017), a experimentação, enquanto atividade de ensino, oferece contribuições significativas para a aprendizagem, permitindo que os alunos visualizem na prática os conceitos teóricos discutidos em sala de aula. Além disso, a experimentação auxilia os alunos no desenvolvimento de habilidades como observação, análise crítica, e resolução de problemas.

A experimentação no ambiente escolar é classificada como “didática”, sendo considerada por muitos autores como um produto derivado da experimentação puramente científica, uma vez que foi adaptada para atender aos objetivos específicos do ensino de Ciências (Forquin, 1992).

Na educação brasileira, a experimentação ganhou espaço com iniciativas promovidas pelo Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBCEC), a partir da década de 1960 (Krasilchik, 1987; 2004), cujo objetivo era transformar a escola em um espaço de produção científica através dos “pequenos cientistas” (Oliveira, 1991). Anos depois, em 2001, o projeto francês *La main à la pâte*, iniciado em 1996, foi introduzido no Brasil como “ABC na educação científica – mão na massa”, priorizando as práticas experimentais e destacando as interações discursivas ao longo das atividades (Zanon; Freitas, 2007). Conforme Coquidé (2008, p.156), nesse projeto os alunos “realizam as experiências propostas por eles mesmos, e as discutem visando compreender os aportes teóricos envolvidos nos procedimentos”.

Na literatura é possível encontrar distintas classificações para as atividades experimentais. Moraes (1998) qualifica as práticas experimentais como demonstrativas, empiristas-indutivistas, dedutivistas-racionalistas e construtivistas. Por sua vez, Campos e Nigro (1999) e Araújo e Abib (2003) as categorizam como demonstrativas e experimentação de verificação (experimentação tradicional); e experimentação por investigação (experimentação inovadora). Essa classificação foi adotada nesta pesquisa, pois consideramos que ela representa de forma clara a divisão entre práticas experimentais mais tradicionais e aquelas que promovem a investigação e o questionamento — elementos fundamentais para a construção do conhecimento científico. Além disso, a experimentação por investigação está

alinhada aos princípios do ensino ativo, que buscamos destacar e enfatizar.", classificação adotada nesta pesquisa.

A experimentação tradicional envolve atividades em que as ações dos estudantes são limitadas a roteiros, ou simplesmente à observação dos experimentos (Stuart, 2008). Zômpero, Passos e Carvalho (2012) destacam que essa modalidade assume abordagens predominantemente ilustrativas, em que a experiência é conduzida estritamente por meio de roteiros, assemelhando-se ao ato de seguir uma 'receita de bolo'.

Na experimentação demonstrativa, os estudantes desempenham um papel passivo no processo de ensino aprendizagem, já que é comumente utilizada como ilustração, por parte do professor, de conceitos previamente expostos (Francisco-Jr.; Ferreira; Hartwig, 2008). Por sua vez, na experimentação por verificação, ainda que orientada por roteiros pré-definidos, os estudantes têm como objetivo confirmar fenômenos calculáveis nas leis e teorias (Oliveira, 2010).

A experimentação por investigação, por outro lado, é aquela em que o estudante se torna o centro das atividades; ela não é, necessariamente, realizada em laboratórios ou limitada à execução de roteiros com o objetivo de obter uma resposta precisa (Gil-Perez *et al.*, 2005). Nessa abordagem, o professor assume o papel de orientador, incentivando a formulação de hipóteses e o uso da atividade experimental como método para compreender fenômenos (Oliveira, 2010).

Conforme Oliveira (2010), uma vantagem da experimentação por investigação, em comparação com outras abordagens, reside no fato de os resultados obtidos nas atividades não serem previsíveis, demandando dos estudantes reflexão, questionamentos e argumentações sobre o que ocorreu.

Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação na Aprendizagem Científica

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) evoluíram e, embora não estejam acessíveis a toda a população, é inegável que elas transformaram a maioria das sociedades, inclusive na área da educação (Peiró, 2017). Conforme alguns autores (Kenski, 2008; Valente, 2013), há uma categorização adicional das TIC, conhecidas como Tecnologias Digitais da Comunicação e da Informação (TDIC), que abrange as tecnologias conectadas a uma rede de comunicação entre seus usuários.

Os autores Campos (2017), Raabe *et al.* (2015) e Valente (2016) ressaltam a importância da integração das tecnologias ao processo de ensino aprendizagem, seja pela potencialidade e pela atuação criativa no trabalho do professor, seja pelo aperfeiçoamento no processo de construção de conhecimento por parte do aluno.

Segundo Almeida (2009), embora a palavra "tecnologia" esteja presente no cotidiano humano em diversas circunstâncias, é necessário ter cautela em relação ao significado que esse conceito assume no âmbito educacional. Nesse contexto, o termo "tecnologia educacional" refere-se a recursos tecnológicos que podem apoiar e aprimorar o ensino e a aprendizagem dos alunos.

Embora as tecnologias digitais desempenhem um papel significativo na vida contemporânea da sociedade, é crucial não as considerar a solução para todos os desafios existentes na educação, como alertam Fiorentini e Lorenzato (2006). De tal forma que há educadores que não compartilham do mesmo entusiasmo em relação ao uso de TDIC no ensino. Miro-Julia (2001), por exemplo, menciona que o uso excessivo desse tipo de recurso pode, no futuro, levar à extinção de certos conhecimentos e habilidades devido à automação exacerbada dos processos.

Associação entre Experimentação e Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

A associação entre a Experimentação e as TDIC pode trazer benefícios significativos para a aprendizagem dos alunos. Para Guaita e Gonçalves (2022), quando empregada como estratégia de ensino, a experimentação motiva os alunos a aprenderem por meio da prática, enquanto as TDIC oferecem ferramentas para apoiar e enriquecer as atividades educacionais. De acordo com os autores, essa união permite que os estudantes sejam incentivados a utilizar os recursos disponíveis para coletar dados, analisar informações e apresentar resultados de maneira criativa e interativa, desempenhando um papel de protagonismo no processo de ensino aprendizagem.

Como exemplo, em uma aula de biologia, a utilização de um simulador de dissecação virtual possibilita que os alunos estudem a anatomia de um animal sem a necessidade de sacrificar um espécime real (Rodriguez, 2014). Além disso, em uma experimentação digital, é possível repetir o experimento várias vezes por caminhos diversos, proporcionando criatividade e autoconfiança ao aluno (Leal, Silva, Meneses, 2020).

Como indica Gonçalves (2003), o uso de um laboratório de experimentação didática, com o propósito de promover a aprendizagem científica, permite a conexão do cotidiano do aluno com a vida acadêmica. No entanto, de acordo com o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) (Brasil, 2019), apenas 44% das escolas no Brasil possuem laboratórios de Ciências. Em contrapartida, 78% das escolas brasileiras possuem laboratórios de informática, conforme indicado pelo CENSO Escolar de 2019. Após três anos, em nova pesquisa do INEP (Brasil, 2022), foi identificado que 79,97% das escolas brasileiras com ensino médio possuem computadores de mesa para utilização exclusiva dos discentes.

Em relação à maneira como a experimentação é conduzida pelos alunos, os laboratórios podem ser classificados como convencionais, denominados *hands-on*, e digitais, sendo que na última categoria estão incluindo simuladores, laboratórios virtuais e laboratórios remotos. Em apoio a essa classificação, Veloso e Neto (2014, p. 5) descrevem laboratórios convencionais como caracterizados por um “Ambiente físico com instrumentos para manuseios e guias de orientação nos momentos da montagem e de teste dos experimentos, por sua característica física, impede o acesso amplo a seus recursos”, ou seja, trata-se do ambiente onde os alunos podem ter contato palpável com a experimentação.

Na categoria de laboratórios digitais, considera-se um simulador aquele “capaz de reproduzir o comportamento de outro aparelho cujo funcionamento se deseja estudar, ou de um corpo cuja evolução se quer seguir” (Dicio, 2020), ou seja, trata-se de um equipamento com capacidade de criar representações visuais sem interação do usuário, permitindo a manipulação das variáveis a partir de parâmetros idealizados.

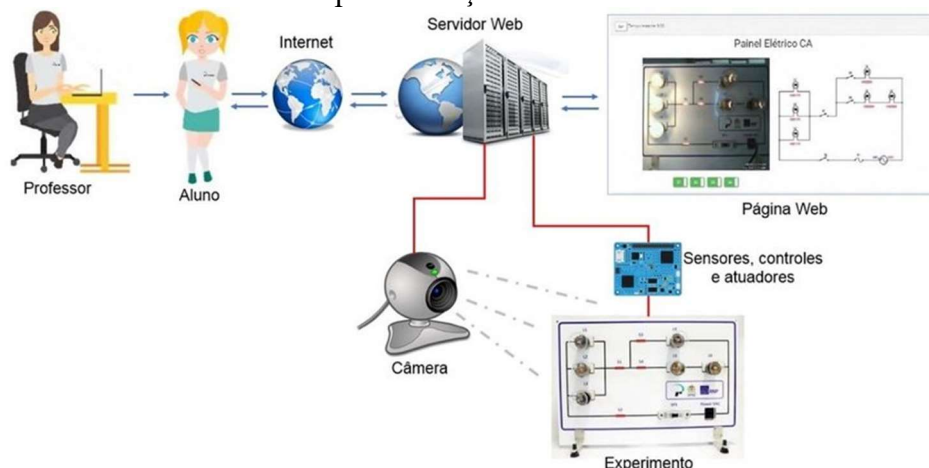
Embora alguns autores classifiquem essas simulações como laboratórios virtuais por recriarem situações próximas da realidade, outros argumentam que se trata apenas de “experimentos demonstrativos sofisticados” (Martins; Neto; Lima, 2005, p.33), refletindo uma compreensão limitada do conceito de virtualidade. Santos e Dickman (2018) e Mesquita e Gonçalves (2022) apontam que, embora essas atividades possam ser convenientes do ponto de vista logístico, elas são frequentemente criticadas por não desenvolverem integralmente o raciocínio experimental que se espera em ambientes físicos de laboratório. As simulações, apesar de facilitarem o acesso ao conteúdo e otimizarem o ensino, nem sempre conseguem reproduzir a complexidade dos fenômenos naturais de forma satisfatória.

Dentre as plataformas de ensino que utilizam esse tipo de tecnologia, destaca-se o PhET (*Physics Educational Technology*), categorizado como um laboratório digital, é amplamente reconhecido como um recurso didático eficaz no ensino de Ciências, especialmente por sua interface interativa e pelo potencial de promover o engajamento dos alunos em experimentos virtuais.

Por fim, há ainda a categoria laboratórios remotos, que são definidos como sendo “um laboratório real, porém com a possibilidade de ser acessado de qualquer local por meio de um computador conectado à Internet” (Cardoso, Takahashi, 2011, p.185-208), de forma que os usuários têm controle total sobre um experimento, que possui características reais, por meio da Internet.

Na Figura 1 temos representada a dinâmica durante a utilização de um laboratório remoto. Esta iniciará com o estudante e o professor acessando o laboratório pela Internet, seja por meio de um computador ou mesmo por um *smartphone*. Na página inicial do laboratório é escolhido o experimento que será realizado. A interação entre aluno e experimento ocorrerá por meio de sensores, controles e atuadores fisicamente presentes no experimento remoto. Cabe ao aluno manipular a atividade, que será transmitida pela *webcam* em tempo real, e, posteriormente, interpretar os resultados obtidos.

Figura 1- Funcionamento de uma experimentação associada as TIC no âmbito escolar



Fonte: Pierri *et al.* (2019)

A figura 1 ilustra de maneira como ocorre a interação entre os alunos e os laboratórios remotos, mostrando a acessibilidade e a dinâmica de manipulação dos experimentos através das TIC. Essa abordagem proporciona uma imersão prática que facilita a compreensão dos conceitos e amplia as possibilidades de aprendizagem fora do ambiente físico da sala de aula.

Metodologia e Desenvolvimento da Pesquisa

O trabalho oferece uma visão geral dos laboratórios brasileiros que podem ser controlados remotamente e utilizados nas aulas de Física na educação básica. Para isso, foi adotada a metodologia de investigação exploratória, que se caracteriza por um enfoque qualitativo, alinhado à teórica alinhada que sustentam os objetivos da pesquisa (Creswell, 2014). A pesquisa foi dividida em duas etapas:

- i) Levantamento dos laboratórios remotos brasileiros - realizado a partir da leitura de artigos encontrados nos repositórios CAPES, Scielo e Google Acadêmico, utilizando as palavras-chaves (em português, inglês e espanhol): laboratório remoto, experimentação remota, laboratório para ensino, experimentação no ensino de Física. Esses bancos de dados foram escolhidos devido à sua abrangência e relevância acadêmica. A CAPES, por ser um repositório oficial de produções acadêmicas no Brasil, garante o livre acesso a dissertações, teses e artigos científicos. O SciELO, por sua vez, oferece acesso a periódicos científicos revisados por pares e com impacto internacional. O Google Acadêmico é utilizado por sua praticidade e amplo alcance, permitindo localizar, inclusive, artigos de fontes que não estão indexadas em outros bancos de dados.
- ii) O recorte temporal da pesquisa compreende o período de 1996, ano de criação do primeiro laboratório, a 2019. Após essa data, não foram identificados novos laboratórios que pudessem impactar significativamente a pesquisa, o que corroborou com a delimitação temporal escolhida.
- iii) No contexto desta pesquisa, os laboratórios remotos foram investigados como potenciais objetos de aprendizagem (OA), considerando suas características únicas de experimentação controlada à distância. A investigação sistemática dos laboratórios envolveu o teste individual de cada experimento, confrontando suas funcionalidades com os critérios definidos na literatura especializada. Utilizamos como referências os

trabalhos de Arantes, Miranda e Studart (2010) e Tarouco et al. (2003), que propõem uma classificação bifurcada entre materiais de apoio e objetos experimentais.

Durante o processo de análise, todos os experimentos ativos dos laboratórios remotos foram avaliados conforme os formulários apresentados nos Anexos I e II, considerando dimensões como objetivo pedagógico, potencial interativo, capacidade de fornecer feedback e promoção da autonomia educacional.

A etapa análise dos materiais de apoio, indicada por Tarouco et al. (2023), demonstrou ser essencial, pois, de acordo com um estudo do INEP (Brasil, 2020, se não tem página da citação literal precisa consultar as normas da ABNT), somente 65,2% dos profissionais são “Docentes com formação superior de licenciatura na mesma disciplina que lecionam, ou bacharelado na mesma disciplina com curso de complementação pedagógica concluído”. Referindo a disciplina de Física, a pesquisa mais recente do INEP (2022) mostra que apenas 54% dos docentes possuem licenciatura plena. Por sua vez, a análise dos objetos experimentais, categoria em que se englobam todos os experimentos disponíveis nos sites, utilizou critérios estabelecidos com base nas diretrizes adotadas por Almeida (2017).

Resultados e Discussão

No levantamento realizado sobre os laboratórios nacionais, foram identificados três projetos que não estão mais em operação. O primeiro é o Centro de Referência para o Ensino de Física (CREF), que funcionou de 2000 a 2002 na Universidade Federal do Rio Grande do Sul e oferecia experimentos focados em Física Moderna. O segundo projeto, KyaTera, era uma plataforma óptica de pesquisa voltada para o desenvolvimento da Internet Avançada, que operou de 2005 a 2013, financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Esse projeto conectava vários laboratórios de pesquisa em universidades do estado de São Paulo, mas foi interrompido devido à falta de investimento. Algumas universidades continuaram a iniciativa de forma independente; no entanto, nenhum laboratório remoto conseguiu se manter. Por último, o projeto WebLab, foi desenvolvido pelo Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA) entre 2005 e 2020 e abordava estudos em diversas áreas das Ciências. O WebLab foi encerrado após a aposentadoria de seu coordenador, professor Dr. José Silvério Edmundo Germano. Esse panorama evidencia os desafios enfrentados por projetos de laboratórios remotos no Brasil, especialmente no que diz respeito à continuidade e

sustentabilidade após a finalização de financiamentos ou a saída de seus principais coordenadores.

Em atividade, foram encontrados quatro laboratórios que se destacam no cenário nacional. Esses laboratórios estão comprometidos em oferecer experiências práticas e acessíveis para os alunos de Física da educação básica, e cada um deles possui características distintas que os tornam relevantes para a educação científica. São eles:

a) Laboratório de Experimentação Remota – RexLab, da Universidade Federal de Santa Catarina. O laboratório, criado em 1996, disponibiliza dez experimentos com enfoque em fenômenos físicos, cada um com uma breve descrição permitindo que o usuário tenha uma ideia do conteúdo de cada atividade. Por exemplo, o experimento "Banco Óptico" explora o comportamento da luz de variadas formas; enquanto o experimento "Conversão de Energia Luminosa em Elétrica" demonstra a transformação da energia luminosa em energia elétrica através do efeito fotovoltaico.

b) Laboratório Didático Remoto de Física, da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). O laboratório, iniciado em 2012, possui sete experimentos e, além de democratizar o acesso à experimentação, também contribui para a formação dos estudantes de licenciatura em Física da universidade, possibilitando que os futuros professores estejam familiarizados com a educação digital e preparados para incorporá-la em sua prática pedagógica.

c) O projeto "Telescópios na Escola" (TnE) consiste na disponibilização de telescópios de oito instituições acadêmicas, sob a coordenação do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP). As instituições envolvidas são: IAG/USP (Valinhos, SP), Universidade Federal do Rio de Janeiro (Observatório do Valongo, RJ), Universidade Federal de Santa Catarina (Florianópolis, SC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre, RS), Colégio Militar de Porto Alegre (Porto Alegre, RS), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (São José dos Campos, SP), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Natal, RN) e Universidade Estadual de Ponta Grossa (Ponta Grossa, PR).

Embora não tenha sido possível determinar a data exata de início desse projeto, que anteriormente era conhecido como "Observatórios Virtuais", a primeira menção a essa iniciativa ocorreu na XXXIII Reunião Anual da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) em

2003. O projeto visa proporcionar experiências práticas em astronomia para os estudantes, promovendo a divulgação científica e o acesso a instrumentos de observação.

d) RLab – UFLA, da Universidade Federal de Lavras. O laboratório, iniciado em 2020, possui dois experimentos que foram, inicialmente, conduzidos apenas com os estudantes matriculados no curso de Licenciatura em Física da universidade. Mais tarde, o acesso foi estendido aos estudantes do ensino médio de escolas públicas e privadas localizadas em Nova Serrana e Lavras, cidades do interior de Minas Gerais.

Essas iniciativas representam uma resposta positiva aos desafios enfrentados pelos laboratórios anteriormente mencionados, sinalizando um esforço contínuo para aprimorar o ensino de Física no Brasil e garantir que os alunos tenham acesso a recursos educacionais de qualidade. Essa nova fase, marcada pela adaptabilidade e inovação, pode contribuir significativamente para a formação de um raciocínio crítico e experimental nos estudantes.

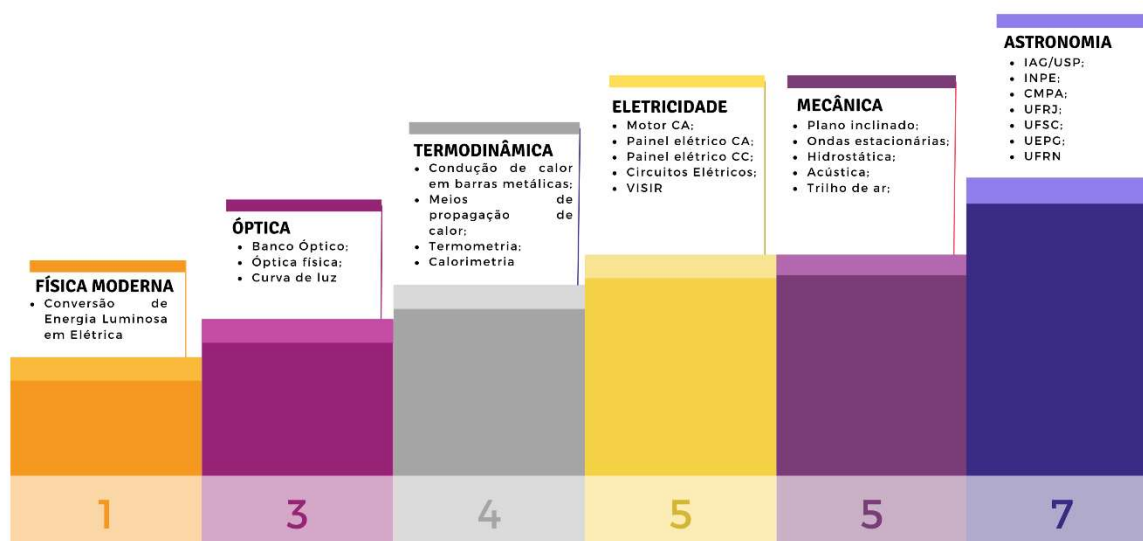
Análise dos objetos experimentais

De acordo com Caetano (2020), supervisor do Laboratório Remoto de Física da UNIFEI, a oferta de laboratórios e experimentos remotos é limitada em todo o mundo. Após realizar o levantamento das experimentações e analisarmos apenas o contexto nacional, é possível identificar a necessidade de diversificar às áreas da Física que são abordadas nos experimentos, objetivando uma formação mais abrangente aos estudantes. O gráfico 1 ilustra a quantidade de experimentos disponíveis em laboratórios remotos, categorizados por área da Física. Os dados revelam que a Astronomia é a área mais contemplada, com sete telescópios destinados a atividades de observação astronômica. Em seguida, as áreas de Eletricidade e Mecânica aparecem empatadas, o que pode ser atribuído à relativa simplicidade na concepção e execução de experimentos nessas disciplinas, além de sua ampla aplicabilidade.

Gráfico 1: Quantidade de experimentos dos quatro laboratórios brasileiros ativos a partir de sua área correspondente na Física.

EXPERIMENTOS DOS LABORATÓRIOS BRASILEIROS

RELAÇÃO DOS EXPERIMENTOS A PARTIR DE SUA ÁREA CORRESPONDENTE NA FÍSICA



Fonte: Dados da pesquisa/ própria autoria (2021)

Devido ao cenário pandêmico, diversas operações laboratoriais foram impactadas, incluindo o projeto "Telescópios na Escola", cujas atividades foram interrompidas por tempo indeterminado. Em função disso, foi realizada uma análise dos materiais de apoio disponíveis nos sites e plataformas dos laboratórios, com o objetivo de avaliar o potencial desses recursos como ferramentas educacionais. Essa avaliação visa promover mudanças significativas no ambiente escolar e em contextos mais amplos, destacando a importância da utilização dessas ferramentas para enriquecer o ensino e aprendizado, mesmo em situações desafiadoras (De Oliveira, Neto, Gomes, 2001).

Relacionando o quantitativo dos materiais de apoio oferecidos aos professores e os experimentos disponíveis, apresentados no gráfico 2, destaca-se que apenas o laboratório RLab-UFLA dispõe de uma quantidade equitativa de experimentos e roteiros, o que pressupõe a possibilidade de realizar atividades de forma mais adequada, maximizando seu uso em sala de aula.

Gráfico 2: Comparação entre a quantidade de experimentos dos quatro laboratórios brasileiros ativos e a quantidade de roteiros ou materiais de apoio que podem auxiliar as atividades experimentais.

ROTEIROS EXPERIMENTAIS

COMPARATIVO ENTRE A QUANTIDADE DE ROTEIROS E QUANTIDADE DE EXPERIMENTOS



Fonte: Dados da pesquisa/ própria autoria (2021)

É importante destacar que alguns materiais de apoio revelaram situações cativantes, capazes de integrar a base teórica com a realidade dos alunos, permitindo a construção de significados científicos pertinentes. Conforme apontado por Gaspar (2014), o papel do professor é crucial na orientação dessas atividades, facilitando a compreensão dos alunos sobre a relação entre teoria, prática e vida cotidiana. Além disso, autores como Núñez *et al.* (2020) e Souza *et al.* (2022) ressaltam que os experimentos remotos podem ser utilizados como uma forma eficaz de experimentação por investigação, permitindo que os alunos explorem conceitos científicos de maneira interativa e engajadora. Essa abordagem não apenas promove a curiosidade, mas também conecta os alunos a contextos práticos que enriquecem sua experiência de aprendizagem.

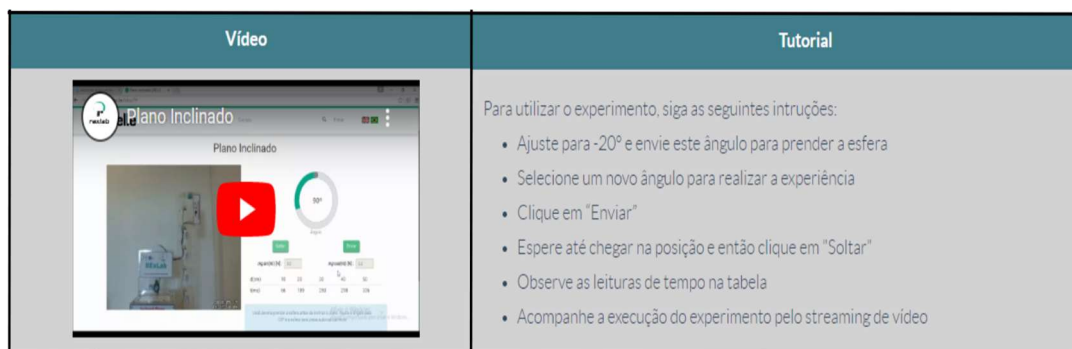
A fim de garantir que os experimentos sejam executados de maneira eficaz, proporcionando um *framework* claro que orienta os usuários na coleta e análise de dados, os roteiros ajudam a minimizar erros e variáveis não controladas, garantindo a confiabilidade dos

resultados obtidos. Além disso, a utilização de guias de experimentação pode facilitar a replicação dos estudos, o que é um princípio essencial da pesquisa científica (Giraldo *et al.*, 2018).

Para aprimorar ainda mais a experiência dos usuários, o RExLab conta com uma ferramenta de suporte adicional. Com o intuito de facilitar a manipulação adequada do experimento, a plataforma disponibiliza uma gama de tutoriais detalhados e vídeos demonstrativos. Esses recursos oferecem orientações práticas sobre como manipular as variáveis de maneira eficaz, permitindo uma compreensão clara das funcionalidades da plataforma.

Os tutoriais incluem exemplos práticos que ilustram os conceitos apresentados, conforme demonstrado na figura 2. Essa abordagem abrangente assegura que os usuários possam maximizar seu aprendizado e realizar experimentos de forma mais eficiente e intuitiva. Com essas ferramentas de suporte, o RExLab se compromete a fornecer uma experiência de aprendizado enriquecedora, ajudando os usuários a se sentirem mais confiantes ao utilizarem a plataforma.

Figura 2: Vídeo e tutorial de utilização do experimento “Plano Inclinado” do RExLab”



Fonte: <http://relle.ufsc.br/labs/7> (2022)

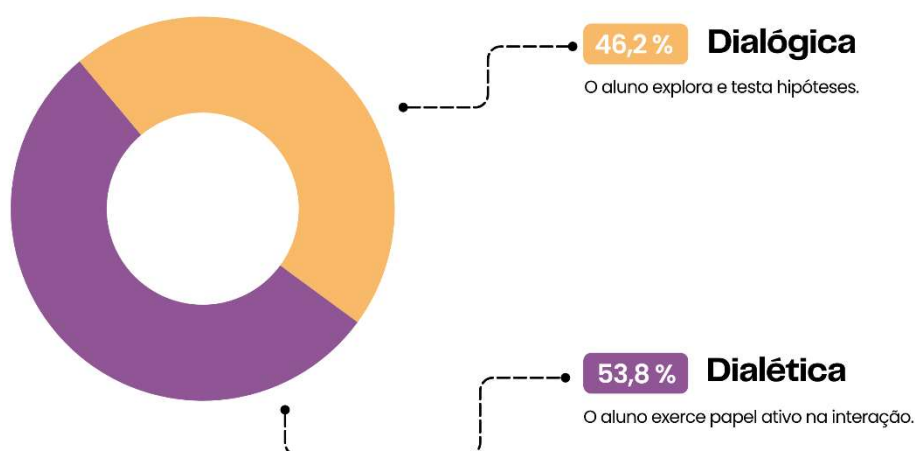
Além dos recursos de suporte oferecidos, durante a avaliação completa dos treze experimentos, notou-se que nenhum deles requereu agendamento antecipado para uso. No entanto, os experimentos disponíveis no laboratório RExLab exigem cadastro na plataforma, o que promove um maior controle e organização do acesso aos recursos.

Embora o experimento seja considerado "intuitivo" em termos de operação, é essencial ter um conhecimento prévio sobre circuitos elétricos e suas associações para aproveitar plenamente a atividade, evitando uma abordagem de "tentativa e erro". Como ressalta Flandres (1994, p. 172), essa preparação incentiva o aluno "a pensar constantemente sobre suas ações e é recompensado pelos resultados dos dados de entrada". Essa compreensão prévia não apenas enriquece a experiência de aprendizagem, mas também promove um envolvimento mais significativo com o conteúdo.

Em relação ao nível de interatividade do experimento, Almeida (2017) a define como a capacidade do usuário de influenciar e modificar a experiência de aprendizagem por meio de ações e respostas dentro da interface. O gráfico 3 revela que 7 das interfaces analisadas, o que corresponde a aproximadamente 54%, são dialéticas. Isso significa que o aluno desempenha um papel ativo na construção da interação, buscando atingir o nível de interatividade desejado. A interatividade dialógica, por sua vez, permite que o aluno participe ativamente, explorando e testando hipóteses. Além disso, a interatividade sinérgica refere-se à colaboração entre os alunos por meio do uso conjunto da ferramenta digital, promovendo um aprendizado mais colaborativo e engajado.

Gráfico 3: Análise da interatividade do experimento.

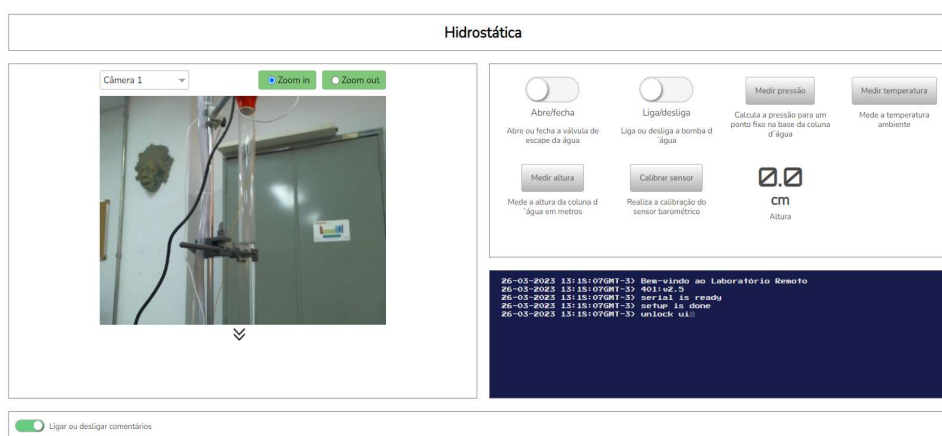
INTERATIVIDADE EXPERIMENTAL



Fonte: Dados da pesquisa/ própria autoria (2021)

Ilustrando a análise da interatividade da interface, o experimento Hidrostática, disponível no Laboratório Remoto de Física da UNIFEI e apresentado na figura 4, possibilita ao usuário manipular as válvulas de entrada e saída de água, bem como medir variáveis como pressão, temperatura e altura da coluna d'água.

Figura 4 – Interatividade do experimento Hidrostática a partir da manipulação das variáveis de entrada

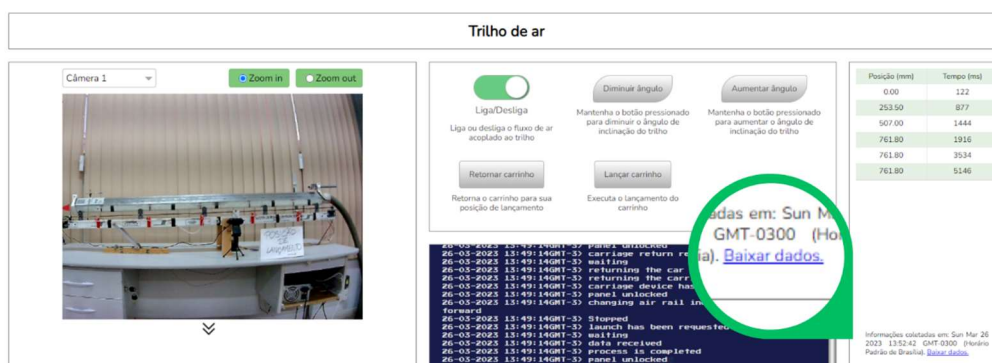


Fonte: <https://labremoto.unifei.edu.br/src/hidrostatica.php> (2022)

A partir disso, consideramos que há interatividade "dialética" porque o usuário pode estabelecer a interação desejada e realizar leituras variadas das variáveis. De acordo com Delizoicov e Angotti (1994, p.22, citados em Binsfeld; Auth, 2011), as práticas experimentais "despertam em geral um grande interesse nos alunos, além de propiciar uma situação de investigação [...]", permitindo assim a autonomia do aluno em seu processo de aprendizagem por meio das práticas experimentais.

Essa autonomia é ainda mais fortalecida pelas ferramentas oferecidas nas plataformas de experimentos, que permitem a recuperação e análise dos dados coletados. No que se refere à recuperação dos dados, 6 dos experimentos, representando aproximadamente 46% dos objetos estudados, possibilitam o *download* das informações, permitindo análises em *softwares* apropriados, como ilustrado na figura 8. Outros 6 experimentos (também 46%) oferecem apenas a leitura dos dados pela interface, enquanto apenas 1 experimento, ou 8%, não permite a medição das variáveis apresentadas, caracterizando-se, portanto, como uma atividade puramente demonstrativa.

Figura 5 – Opção de *download* dos dados no Laboratório Remoto de Física da UNIFEI



Fonte: <https://labremoto.unifei.edu.br/src/trilho-de-ar.php> (2022)

Essa autonomia proporcionada pelas plataformas é crucial, especialmente quando se considera o idioma utilizado nos experimentos. No laboratório RLab, todos os comandos estão em inglês, o que pode representar uma barreira para o aprendizado das temáticas abordadas. Em contraste, todos os outros objetos experimentais analisados possuem comandos em português, facilitando a compreensão e a participação dos alunos.

Além disso, no que diz respeito às plataformas utilizadas, aproximadamente 31% dos objetos experimentais operam com a plataforma Raspberry Pi®, reconhecida por sua alta capacidade de processamento e armazenamento. Os demais experimentos são controlados através da plataforma Arduino®, que se destaca pelo seu baixo custo e boa performance nas funções executadas. Essa diversidade de plataformas e idiomas reforça a importância de adaptar as ferramentas de ensino às necessidades dos alunos, promovendo um ambiente de aprendizagem mais inclusivo e acessível.

Também é fundamental destacar que apenas os experimentos do RExLab fazem menção à universidade que hospeda o laboratório e seus apoiadores. Esse aspecto é crucial para difundir e valorizar as ações realizadas por instituições de ensino superior públicas brasileiras, reforçando o compromisso da plataforma com a transparência e a colaboração acadêmica.

Considerações Finais

Esta pesquisa teve como propósito central mapear e analisar os limites e as contribuições de laboratórios brasileiros remotamente controlados que podem ser empregados nas aulas de Física na educação básica. Para alcançar esse propósito, adotou-se uma abordagem qualitativa

e exploratória, estruturando a investigação com base em critérios definidos a partir da literatura especializada.

Os resultados indicam que a incorporação das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) pode contribuir para a modernização de estratégias pedagógicas. No entanto, é crucial ressaltar que a mera aplicação de tecnologias como forma de entretenimento não atende às necessidades educacionais e pode prejudicar o desenvolvimento do pensamento crítico e científico dos alunos.

Durante o período crítico de aulas *online* e híbridas durante a pandemia de COVID-19, de 2020 a 2022, observou-se um aumento significativo no uso de tecnologias digitais na educação. Contudo, essa transição também expôs e aprofundou desigualdades existentes entre os estudantes.

Esta pesquisa evidenciou que o número de laboratórios remotos em funcionamento no Brasil ainda é insuficiente para atender à demanda da educação básica, especialmente se houver um aumento significativo na sua utilização por professores e estudantes. Além disso, considerando os critérios de análise que incluíram diversidade de experimentos, adequação pedagógica, acessibilidade técnica, e interatividade das plataformas, verificamos que, em termos de abrangência, os laboratórios remotos atualmente disponíveis cobrem uma parcela limitada dos conteúdos do currículo de Física, o que restringe o seu potencial de integração pedagógica em diferentes tópicos da disciplina. No que diz respeito à facilidade de uso e compreensão, observa-se que a experiência do usuário nem sempre é intuitiva, especialmente para estudantes que carecem de habilidades prévias em tecnologias digitais, o que pode dificultar a assimilação dos conceitos científicos.

Portanto, embora possam contribuir com o ensino de Física, é importante que recursos sejam destinadas à manutenção e melhoria dos laboratórios remotos em atividade, bem como à criação de novos laboratórios. Além disso, para que possamos contar com uma educação mediada por tecnologias no Brasil ampla e eficiente, é essencial que as escolas contem com laboratórios de informática bem estruturados, com acesso confiável à internet, e que os professores recebam formação contínua, capacitando-os não apenas no ensino da Física, mas também na criação de estratégias inovadoras que promovam o desenvolvimento crítico e científico dos alunos.

Referências

ALMEIDA, Alex Rosa. **Objetos de aprendizagem desenvolvidos para o ensino médio: técnicas e conceitos apoiados nos PCNEM**. Tese (Mestrado em Educação Tecnológica). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET – MG. 2017.

ARANTES, Alessandra R., MIRANDA, Márcio S., STUDART, Nelson. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, São Paulo, v. 11, n.1, 2010. Disponível em: <https://bit.ly/2OZXKcS>. Acesso realizado em 08 dez. 2019.

ARAÚJO, M. S. T; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.25, n. 2, 2003.

BINSFELD, S. C.; AUTH, M. A. A experimentação no ensino de ciências da educação básica: constatações e desafios. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, 8., 2011, Campinas.

BRASIL, **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Ciências da Natureza e suas Tecnologias, MEC, Brasília, 2019.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Censo Escolar da Educação Básica 2022: Divulgação dos resultados**. Brasília, 2023. BRASIL, **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares (PCN)**. Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias, MEC, 2006.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Dados do Censo Escolar Noventa e cinco por cento das escolas de ensino médio têm acesso à internet, mas apenas 44% têm laboratório de ciências**, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/2ZaklcD>. Acesso realizado em 15 set. 2019.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Percentual de docentes por grupo do indicador de adequação da formação do docente - Brasil, Regiões Geográficas e Unidades da Federação - 2020**. Disponível em: <https://bit.ly/2NJlyDX>. Acesso realizado em 22 mar. 2021.

BARROWS, Howard. S.; TAMBLYN, Robyn. M. **Problem-Based Learning an Approach to Medical Education**. New York: Springer Publishing Company, 1980.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Belo Horizonte, v. 19, n.3: p.291-313, 2002. Disponível em: <https://bit.ly/2AnT613>. Acesso realizado em 13 out. 2019.

BORGES, Antônio Tarciso; GOMES, Alessandro Damásio Trani. Percepção de estudantes sobre desenhos de testes experimentais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Belo Horizonte - MG, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 71–94, 2005. Disponível em:

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6394>. Acesso realizado em 13 out. 2019.

CAETANO, T. C. Laboratório Remoto de Física da UNIFEI já foi acessado por usuários de mais de 30 países. 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3Juswp6>. Acesso realizado em: 12 jan. 2022.

CAMPOS, Flavio Rodrigues. Robótica educacional no Brasil: questões em aberto, desafios e perspectivas futuras. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 12, n. 4, p. 2108-2121. 2017.

CAMPOS, M. C. D. C.; NIGRO, R. G. **Didática de ciências: o ensino aprendizagem como investigação**. São Paulo: FDT, 1999

CARDOSO, Dayane Carvalho; TAKAHASHI, Eduardo Kojy. Experimentação remota em atividades de ensino formal: um estudo a partir de periódicos Qualis A. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 11, n. 3, p.185-208, out. 2011. Quadrimestral. Disponível em: <https://bit.ly/3boQyjh>. Acesso realizado em: 15 abr. 2020.

CASTELEINS, V. L. Dificuldades e Benefícios que o docente encontra ao realizar aulas práticas de Química. In: **Congresso Nacional de Educação, EDUCERE**, 10, 2011, Curitiba. Disponível em: <https://bit.ly/2OJPI8o>. Acesso realizado em 10 out. 2019.

CRESWELL, John W. **Pesquisa qualitativa e pesquisa de ação: planejamento, execução e avaliação**. 4. ed. Porto Alegre: Penso, 2014.

COSTA, A. M. e Paulo S.R. Performance de um programa de inteligência artificial baseado em rede semântica e suas possíveis aplicações no ensino de física. Segunda Reunião Especial da SBPC, Cuiabá – MT, **Livro de Resumos**, p. 232, 1995.

COSTA, F. et al. **Repensar as TIC na educação: o professor como agente transformador**. Lisboa: Santillana, 2012.

COQUIDÉ, M. Um olhar sobre a experimentação na escola primária francesa. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 10, n. 1, p. 155-172, 2008.

DE OLIVEIRA, Silvia Sales; NETO, Hermínio Borges; GOMES, Alex Sandro. Avaliação de Software Educativo para o Ensino de Matemática - O Caso das Estruturas Aditivas. In: Encontro de Pesquisa Educacional do Nordeste: Educação, Desenvolvimento Humano e Cidadania (EPEN), São Luís. Educação, Desenvolvimento Humano e Cidadania, vol. único, (CDD: 370.981), 2001.

FLANDRES. H. Softwares para álgebra: o que devem ser? In: COXFORD, A. SHULTE, A. (Orgs). **As ideias da Álgebra**. Tradução de Hygino H. Domingues. São Paulo: Atual, 1997. P. 171-174.

FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. **Investigação em educação matemática: percursos teóricos e metodológicos**. Campinas, Autores Associados, 2006

FORQUIN, J. Saberes escolares, imperativos didáticos e dinâmicas sociais. In: Teoria & Educação, Porto Alegre, n. 5, p. 28-49, 1992.

FRANCISCO JR., W. E.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. É. Experimentação Problematicadora: Fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de Ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, nº30, p. 34-41, novembro, 2008.

INTUITIVO. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/intuitivo/>. Acesso em: 10 jun. 2021.

GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de física. Uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. São Paulo: LF Editorial, 2014.

GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo. Atlas, 2002.

GIRALDO, J. P., et al. *Methods for developing this guideline*. **PeerJ**. 2018. Disponível em: <https://peerj.com/articles/4795/>

GONÇALVES, Antonio Roberto. **O Uso do Laboratório no Ensino de Matemática**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). Universidade Estadual do Paraná, Jacarezinho 2003

GUAITA, R. I.; GONÇALVES, F.P. Experimentação articulada às tecnologias digitais de informação e comunicação: problematizações de conhecimentos na formação de professores de Química. **Revista Química Nova**, São Paulo, 45. p. 474-483.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. Campinas: Papirus, 2008.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia** 4. ed. São Paulo: EDUSP, 2004.

LEAL, M. M.; SILVA, A. T. S.; MENESES, L. S. A utilização do simulador PHET como ferramenta de ensino nas aulas on-line de ciências em uma escola do município de Água Branca – PI. In: VII Congresso Nacional de Educação – CONEDU, Maceió – AL, 2020.

MATOS, M. G., VALADARES, J. **O efeito da actividade experimental na aprendizagem da Ciência pelas crianças do primeiro ciclo do ensino básico**. Investigação em Ensino de Ciências, v. 6, p. 227-239, 2001.

MARTINS, C. A. P. S.; NETO, J. R. M.; LIMA, J. F. Laboratório Virtual: Apresentação, conceituação, análise e uma proposta de definição. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2005, Campina Grande - Paraíba. Disponível em: <https://bit.ly/2VoarRW>. Acesso realizado dia 16 abr. 2020.

MEYER, M. R., & Roussou, M. *Exploring students' misconceptions about heat transfer and thermal insulation in everyday situations. International Journal of Science Education*, 34(10), 1511-1531, Londres, 2012.

MILLER, J. R., & Janson, A. *The role of misconceptions in understanding heat transfer: An analysis of students' conceptions of thermal energy. Journal of Chemical Education*, Washington, 87(3), 319-325. 2010.

MIRO-JULIA, J. *Dangers of the Paradigm Shift. Draft Article*. Departament de Matemàtiques i Informàtica. Universitat de les Illes Balears. Espanha, 2001.

MORAES, R. **O significado da experimentação numa abordagem construtivista: o caso do ensino de Ciências**. In: BORGES, R. M. R.; MORAES, R. (Org.). *Educação em Ciências nas séries iniciais*. Porto Alegre: Sagra, Luzzatto, 1998.

MORAES, J. U. P. Experimentos didáticos no ensino de física com foco na aprendizagem significativa. **Aprendizagem significativa em revista**, Porto Alegre, v.4, p. 62. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2WNOVW5>. Acesso realizado dia 09 out. 2019.

NOGUEIRA, Juliana Mendes. **Da internet à sala de aula: um estudo exploratório de laboratórios brasileiros de experimentação remotamente controlados para aprendizagem de Física**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso. 67f. Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2023.

NÚÑEZ, M. A., Silva, M. A., Castro, J. A., Ceballos, G. **Transforming physics education through remote laboratories: a case study in Latin America**. *European Journal of Physics*, Mulhouse, 41(5), 055301. 2020.

OLIVEIRA, M. T. M. **Didáctica da biologia** Lisboa: Universidade Aberta, 1991.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, Canoas, v.12, n.1, p. 139- 153, 2010.

PEIRÓ, P. **Acesso à tecnologia: o novo indicador de desigualdade**. El País, Madri, 2017.

PIERRI, L. D., DORNELES, R. K., MENDONÇA, I. T. M., GRUBER, C. Experimentação remota como estratégia para o ensino híbrido. **24º Seminário Internacional de Educação, Tecnologia e Sociedade: Ensino Híbrido**. FACCAT. 2019

RAABE, André Luís Alice; VIEIRA, M. V.; SANTANA, A. L. M.; GONÇALVES, F. A.; BATHKE, J. Recomendações para Introdução do Pensamento Computacional na Educação Básica. In: **4º DesafIE - Workshop de Desafios da Computação Aplicada à Educação**, 2015, Recife. Anais do Congresso Anual da SBC. Porto Alegre: SBC, 2015. v. 1. p. 15-25



RODRIGUEZ, D. A. Cobaias virtuais podem eliminar a necessidade de sacrificar animais para estudos. **Revista Galileu**, Rio de Janeiro, 2014.

SILVA, M. O., BELO, V. M., SILVA, K. V. F. D, PORTELA, C. D. P. A. A mobilização por meio da experimentação no ensino de física: um relato de experiência. In: **Congresso Nacional de Educação**, 13, 2017, Curitiba. Formação de professores: contextos, sentidos e práticas. Disponível em: <https://bit.ly/2n2c35p>. Acesso realizado dia 03 set. 2019.

SIMÃO, J. P. S.; LIMA, J. P. C. de; ROCHADEL, W.; SILVA, J. B. da. Utilização de Experimentação Remota Móvel no Ensino Médio. **RENOTE**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, 2013. Disponível em: <https://bit.ly/2qWH1xB>. Acesso realizado dia 09 out. 2019.

SIMULADOR. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/simulador/>. Acesso em: 16 abr. 2020.

SOUZA, Lenilda Batista de. et al. **Os laboratórios remotos e a aprendizagem de estudantes com transtorno do espectro autista durante a pandemia da COVID-19**. Revista Humanidades e Inovação, Palmas, v.9, n.22. 2023.

SUART, R.C. **Habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em atividades experimentais investigativas**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

STUDART, Marcelo Z. N. *et al.* TIC e ensino de Ciências na educação básica: a construção de um *site* sobre o sistema reprodutor humano. In: **X Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las Ciencias**, Sevilla, 2017.

TAHA, M. S. *et al.* Experimentação como ferramenta pedagógica para o ensino de Ciências. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 11, n. 1, 2016.

TAROUÇO, L. M. R.; FABRE M. J. M.; TAMUSIUNAS, F. R. Reusabilidade de objetos educacionais. In: **RENOTE – Revista Novas Tecnologias para a Educação**. Porto Alegre: Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação (CINTED- UFRGS), v. 1. nº 1, 2003.

TAVARES, R. A importância da atualização do professor, em relação à internet, para a realização do trabalho de pesquisa no colégio estadual de Segredo. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**, v. 2, 2014, Curitiba. Disponível em: <https://bit.ly/2B6DkqL>. Acesso realizado dia 11. out. 2019.

VALENTE, J. A. Integração currículo e tecnologia digitais de informação e comunicação: a passagem do currículo da era do lápis e papel para o currículo da era digital. In: CAVALHEIRI, A.; ENGERROFF, S. N.; SILVA, J. C. (Orgs.). **As novas tecnologias e os desafios para uma educação humanizadora**. Santa Maria: Biblos, 2013.



VALENTE, J. A. Integração do pensamento computacional no currículo da Educação Básica: diferentes estratégias usadas e questões de formação de professores e avaliação do aluno. **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 864-896. 2016.

VELOSO, M. S. S. O., NETO, A. S. A. Panorama do uso de Laboratório Didático em Cursos de Ensino de Física, Modalidade a Distância, no País. **CINTED- Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, 2014.

ZANON, D. A. V.; FREITAS, D. A aula de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental: ações que favorecem a sua aprendizagem. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 93-103, 2007

ZÔMPERO, A, F.; PASSOS, A, Q; CARVALHO, L, M. **A docência e as atividades de experimentação no ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental**. Revista Experiências no Ensino de Ciências, Cuiabá, v. 1, n. 7, p.43-54, 2012.

Apêndice I – Formulário para análise dos materiais de apoio

Análise qualitativa dos materiais de apoio dos experimentos			
Laboratório analisado:			Data da análise:
Título do experimento:			Link:
Categoria	Elementos de análise	Elemento de análise	Comentário da análise
1.Introdução teórica do fenômeno	1.1. Base teórica	1.1.1. Há uma discussão do prévia do conceito apresentado	
		1.1.2. Há uma discussão histórica	
	1.2. Base pedagógica	1.2.1. Permite a exploração de conhecimentos anteriores, por meio de um contexto conhecido por eles.	
2.Objetivo do experimento	2.1. Fenomenologia	2.1.1. Quais fenômenos físicos são estudados no experimento?	
	2.2. Aprendizagem dos conceitos	2.2.1. O objetivo do experimento está claro para o usuário	
3. Procedimento	3.1. Materiais	3.1.1. Há apresentação dos materiais utilizados no experimento	
	3.2. Métodos	3.2.1. Há explicação sobre como utilizar a plataforma corretamente	
		3.2.2. Há uma explicação clara sobre como realizar o experimento	
Categoria	Elementos de análise	Elemento de análise	Comentário da análise
4. Resultados e discussões	4.1. Levantamento e testes das hipóteses	4.1.1. Os estudantes são solicitados a levantar suas hipóteses.	
		4.1.2. Há questões do tipo: Qual a solução para esse problema? O que pode ter acontecido?	
		4.1.3. Os estudantes são solicitados a propor um experimento para testar suas hipóteses.	
		4.1.4. Há questões do tipo: Como vocês vão resolver esse problema? Como verificar se suas ideias iniciais estão corretas ou não?	
	4.2. Discussões	4.2.1. Os estudantes possuem um momento para discutir entre si e com o professor	
	4.3. Apresentação dos resultados	4.3.1. Apresenta atividades para que os estudantes resolvam individualmente	
		4.3.2. Há solicitações do tipo: Escreva um texto sobre o que você aprendeu. Faça um relatório.	

Fonte: Dados da pesquisa/ própria autoria (2021)

Apêndice II – Formulário para análise dos experimentos

Análise qualitativa dos experimentos			
Laboratório analisado:			Data da análise:
Título do experimento:			Link:
Categoria	Elementos de análise	Elemento de análise	Comentário da análise
Técnica	1. Acessibilidade	1.1. Há necessidade de agendamento prévio para utilização da plataforma?	
		1.2. Possibilita acesso simultâneo pelos usuários?	
		1.3. Precisa de algum cadastro para acessar o experimento?	
	2. Metadados	2.1. Há indicativo das referências do experimento (Exemplo: título, autores, colaboradores, palavras-chave, versão e propriedade intelectual)?	
		2.2. Está apresentado as características pedagógicas relacionadas ao uso e ao objetivo de aprendizagem?	
		2.3. Essas informações estão claras para o usuário?	
	3. Interoperabilidade	3.1. Há possibilidade de serem utilizados tanto no computador quanto <i>smartphones</i> , <i>tablets</i> ou afins?	
	4. Flexibilidade	4.1. Há possibilidade de abordar mais de um fenômeno na utilização do experimento? Quais?	
		4.2. Há possibilidade de utilizar os OA fora da sala de aula? (Exemplo: palestras e lições de casa)	
	5. Reusabilidade	5.1. O OA pode ser acessado e reutilizado?	
5.2. Há possibilidade de utilizar o OA por um longo período mesmo com o avanço tecnológico?			
Categoria	Elementos de análise	Elemento de análise	Comentário da análise
Conceitual	6. Interatividade	6.1. A interface gráfica possibilita a interação do aluno com o experimento em qual nível (não intuitivo, semi-intuitivo, intuitivo)?	
		6.2. Qual o nível de interatividade o experimento possui (nenhuma interatividade, interatividade autoritária, dialética, dialógica, sinérgica)?	
	7. Apoio ao docente	7.1. Há materiais de apoio teórico para aplicação do experimento (Roteiro, vídeos explicativos, textos base)?	
		7.2. Há materiais de apoio avaliativo (Lista, quiz, formulários)?	
	8. Usabilidade	8.1. Os usuários podem ter interpretações diferentes do experimento?	
		8.2. Quantas repetições deverão ser realizadas para uma análise completa?	
		8.3. Como é feita a demonstração dos dados obtidos?	

		8.4. A linguagem utilizada é acessível?	
--	--	---	--

Fonte: Dados da pesquisa/ própria autoria (2021)