

**LABORATÓRIOS VIRTUAIS EM BIOCIÊNCIAS: POTENCIALIDADES,
LIMITES E DESAFIOS NA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA**

*VIRTUAL LABORATORIES IN BIOSCIENCES: POTENTIALITIES, LIMITATIONS,
AND CHALLENGES IN DISTANCE EDUCATION*

*LABORATORIOS VIRTUALES EN BIOCIENCIAS: POTENCIALIDADES,
LIMITACIONES Y DESAFÍOS EN LA EDUCACIÓN A DISTANCIA*

*LABORATOIRES VIRTUELS EN BIOSCIENCES: POTENTIALITÉS, LIMITES ET
DÉFIS DE L'ENSEIGNEMENT À DISTANCE*

Maria Fernanda Maia Gomes

Maria Clara Pinto Andrade

Raissa Maria da Silva Pantaleão

Victoria Maria do Arte Madeiro

Alexsandro Sousa Paixão

Markênia Kelia Santos Alves Martins

Paulo Iury Gomes Nunes

RESUMO: O ensino de Biociências tem sido tradicionalmente ancorado na experimentação em laboratórios físicos, entendidos como espaço privilegiado para o desenvolvimento de competências técnicas e investigativas. A expansão das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) e a consolidação da Educação a Distância (EAD), contudo, impulsionaram o surgimento de laboratórios virtuais, ambientes interativos que simulam experimentos, processos biológicos e procedimentos técnicos em plataformas digitais. Este artigo de revisão narrativa analisa o papel dos laboratórios virtuais na formação de estudantes de Biociências, com foco em suas potencialidades pedagógicas, limitações e impactos cognitivos. A busca estruturada abrangeu publicações de 2019 a 2025 em bases como PubMed, SciELO, Scopus, ERIC e Web of Science, contemplando estudos empíricos e revisões sobre simulações digitais, aprendizagem baseada em experimentação e inovação pedagógica em EAD. Os achados indicam que os laboratórios virtuais podem ampliar o engajamento, a compreensão conceitual e a autonomia estudantil, alcançando resultados de aprendizagem iguais ou superiores aos obtidos em laboratórios tradicionais em diversos contextos, especialmente quando combinados com atividades presenciais e avaliação formativa. Persistem, porém, desafios relativos à formação docente, à infraestrutura tecnológica e à avaliação de habilidades práticas. Conclui-se que, integrados a estratégias de aprendizagem ativa e políticas de inclusão digital, os laboratórios virtuais não substituem integralmente o espaço físico, mas o complementam e reconfiguram a experiência de aprendizagem científica.

Palavras-chave: Educação a distância, Biociências, Laboratórios virtuais, Simulação digital, Aprendizagem ativa, Inovação pedagógica.

Maria Fernanda Maia Gomes, Maria Clara Pinto Andrade, Raissa Maria da Silva Pantaleão, Victoria Maria do Arte Madeiro, Alessandro Sousa Paixão, Markênia Kelia Santos Alves Martins, Paulo Iury Gomes Nunes

ABSTRACT: The teaching of Biosciences has traditionally been anchored in experimentation in physical laboratories, understood as a privileged space for the development of technical and investigative skills. However, the expansion of Digital Information and Communication Technologies (DICT) and the consolidation of Distance Education (DE) have driven the emergence of virtual laboratories, interactive environments that simulate experiments, biological processes, and technical procedures on digital platforms. This narrative review article analyzes the role of virtual laboratories in the training of Biosciences students, focusing on their pedagogical potential, limitations, and cognitive impacts. The structured search encompassed publications from 2019 to 2025 in databases such as PubMed, SciELO, Scopus, ERIC, and Web of Science, including empirical studies and reviews on digital simulations, experimentation-based learning, and pedagogical innovation in DE. The findings indicate that virtual laboratories can enhance student engagement, conceptual understanding, and autonomy, achieving learning outcomes equal to or superior to those obtained in traditional laboratories in various contexts, especially when combined with face-to-face activities and formative assessment. However, challenges remain regarding teacher training, technological infrastructure, and the assessment of practical skills. It is concluded that, integrated with active learning strategies and digital inclusion policies, virtual laboratories do not entirely replace physical space, but complement it and reconfigure the scientific learning experience.

Keywords: Distance education, Biosciences, Virtual laboratories, Digital simulation, Active learning, Pedagogical innovation.

RESUMÉN: La enseñanza de las Biociencias se ha basado tradicionalmente en la experimentación en laboratorios físicos, entendidos como un espacio privilegiado para el desarrollo de habilidades técnicas y de investigación. Sin embargo, la expansión de las Tecnologías de la Información y la Comunicación Digitales (TIC) y la consolidación de la Educación a Distancia (ED) han impulsado la aparición de laboratorios virtuales, entornos interactivos que simulan experimentos, procesos biológicos y procedimientos técnicos en plataformas digitales. Este artículo de revisión narrativa analiza el papel de los laboratorios virtuales en la formación de estudiantes de Biociencias, centrándose en su potencial pedagógico, limitaciones e impactos cognitivos. La búsqueda estructurada abarcó publicaciones de 2019 a 2025 en bases de datos como PubMed, SciELO, Scopus, ERIC y Web of Science, incluyendo estudios empíricos y revisiones sobre simulaciones digitales, aprendizaje basado en la experimentación e innovación pedagógica en la ED. Los hallazgos indican que los laboratorios virtuales pueden mejorar la participación del estudiante, la comprensión conceptual y la autonomía, logrando resultados de aprendizaje iguales o superiores a los obtenidos en laboratorios tradicionales en diversos contextos, especialmente cuando se combinan con actividades presenciales y evaluación formativa. Sin embargo, persisten desafíos en cuanto a la formación docente, la infraestructura tecnológica y la evaluación de las competencias prácticas. Se concluye que, integrados con estrategias de aprendizaje activo y políticas de inclusión digital, los laboratorios virtuales no sustituyen por completo el espacio físico, sino que lo complementan y reconfiguran la experiencia de aprendizaje científico.

Palabras clave: Educación a distancia, Biociencias, Laboratorios virtuales, Simulación digital, Aprendizaje activo, Innovación pedagógica.

RÉSUMÉ: L'enseignement des biosciences s'est traditionnellement appuyé sur l'expérimentation en laboratoire, considéré comme un espace privilégié pour le développement des compétences techniques et d'investigation. Cependant, l'essor des technologies numériques de l'information et de la communication (TNIC) et la consolidation de la formation à distance (FAD) ont favorisé l'émergence de laboratoires virtuels, environnements interactifs simulant des expériences, des processus biologiques et des procédures techniques sur des plateformes numériques. Cet article de synthèse analyse le rôle des laboratoires virtuels dans la formation des étudiants en biosciences, en s'intéressant à leur potentiel pédagogique, leurs limites et leurs impacts cognitifs. La recherche structurée a porté sur les publications de 2019 à 2025 dans des bases de données telles que PubMed, SciELO, Scopus, ERIC et Web of Science, incluant des études empiriques et des revues sur les simulations numériques, l'apprentissage par l'expérimentation et l'innovation pédagogique en FAD. Les résultats indiquent que les laboratoires virtuels peuvent renforcer l'engagement des étudiants, leur compréhension conceptuelle et leur autonomie, permettant d'atteindre des résultats d'apprentissage égaux, voire supérieurs, à ceux obtenus en laboratoire traditionnel dans divers contextes, notamment lorsqu'ils sont associés à des activités en présentiel et à

une évaluation formative. Des défis subsistent toutefois concernant la formation des enseignants, l'infrastructure technologique et l'évaluation des compétences pratiques. En conclusion, intégrés à des stratégies d'apprentissage actif et à des politiques d'inclusion numérique, les laboratoires virtuels ne remplacent pas entièrement l'espace physique, mais le complètent et transforment l'expérience d'apprentissage scientifique.

Mots-clés: Enseignement à distance, biosciences, laboratoires virtuels, simulation numérique, apprentissage actif, innovation pédagogique.

1 Introdução

A formação em Biociências e em áreas afins da saúde depende intrinsecamente da experimentação científica, processo no qual o estudante observa, manipula, analisa e interpreta fenômenos naturais em condições controladas. Historicamente, o laboratório físico ocupou posição central nesse processo, associado ao desenvolvimento de habilidades técnicas, raciocínio investigativo e atitudes éticas diante da prática científica.

As transformações recentes nas práticas educativas, impulsionadas tanto pelo avanço das TDIC quanto pelas demandas emergenciais da pandemia de COVID-19, tensionaram esse modelo centrado exclusivamente no presencial. A expansão de modalidades híbridas e totalmente remotas tornou mais visível a necessidade de mediar o conhecimento científico por meio de recursos digitais, reposicionando o laboratório físico como uma entre várias possibilidades de espaço de aprendizagem.

É nesse contexto que emergem os laboratórios virtuais em Biociências, definidos como ambientes digitais capazes de simular experimentos biológicos, bioquímicos e fisiológicos com alto grau de interatividade. Essas plataformas permitem ao estudante testar hipóteses, manipular variáveis e visualizar resultados sem os riscos e custos associados a materiais biológicos, reagentes e equipamentos sofisticados. Em termos pedagógicos, esses ambientes podem contribuir para deslocar o foco de uma aprendizagem transmissiva para uma perspectiva construtivista e investigativa, na qual o estudante assume papel mais ativo na construção do conhecimento.

Este artigo tem como objetivo discutir criticamente o papel dos laboratórios virtuais na formação em Biociências, examinando seus fundamentos teórico-metodológicos, os impactos relatados na literatura recente e os desafios para sua consolidação como componente permanente da EAD e de propostas híbridas de ensino experimental.

2 Referencial teórico

A educação científica é historicamente estruturada pela articulação entre teoria, prática e reflexão. A partir da perspectiva da aprendizagem significativa, Ausubel (1968) e Novak & Gowin (1984) destacam que novos conceitos são integrados de forma estável à estrutura cognitiva do estudante quando se conectam a conhecimentos prévios relevantes, o que é favorecido por atividades experimentais intencionalmente planejadas. Nesse sentido, o laboratório — físico ou virtual — funciona como cenário privilegiado para a problematização de conceitos e a construção de significados.

Com o avanço das TDIC, a manipulação experimental passou a ocorrer também em ambientes digitais, nos quais o estudante interage com modelos tridimensionais, painéis de dados, animações e simulações baseadas em evidências empíricas. De Jong, Linn e Zacharia (2013) mostram que laboratórios físicos e virtuais podem ser complementares,

sendo os ambientes virtuais especialmente potentes para o desenvolvimento de conceitos e de práticas de investigação, ao oferecer dados “limpos” e permitir controle preciso de variáveis.

Meta-análises recentes indicam que laboratórios virtuais e remotos podem alcançar resultados de aprendizagem iguais ou superiores aos de laboratórios presenciais tradicionais, a depender da natureza dos objetivos avaliados (conceituais, procedimentais ou atitudinais) e da qualidade do design instrucional empregado (BRINSON, 2015; COLEMAN; SMITH, 2019). Quando planejados segundo princípios de aprendizagem ativa, esses ambientes favorecem a exploração, o erro produtivo e o feedback imediato, ressignificando o erro como parte do processo de investigação.

Do ponto de vista teórico, os laboratórios virtuais dialogam com abordagens construtivistas e socioconstrutivistas, como as de Piaget (1976) e Vygotsky, bem como com a andragogia aplicada à educação de adultos. Nessas perspectivas, a aprendizagem ocorre pela atividade do sujeito em interação com o meio e com outros indivíduos, valorizando a resolução colaborativa de problemas, a mediação docente e a contextualização dos conteúdos. A tecnologia, nesse cenário, deve ser entendida como mediadora do processo educativo — não como substituta da relação pedagógica.

A literatura sobre laboratórios virtuais revisada por Sypas e Kalles (2018) indica que essas soluções são utilizadas desde a educação básica até a pós-graduação, com efeitos positivos recorrentes sobre engajamento, motivação e acesso a experiências experimentais antes restritas a instituições com maior infraestrutura. Ao mesmo tempo, estudos ressaltam que sua eficácia depende da articulação com atividades de discussão, tutorias e avaliação formativa, evitando o uso de simulações como recurso isolado e descontextualizado (MAKRANSKY; THISGAARD; GADEGAARD, 2016).

3 Metodologia

Este estudo consiste em uma revisão narrativa com enfoque qualitativo e analítico, voltada a identificar tendências, potencialidades e desafios relacionados ao uso de laboratórios virtuais no ensino de Biociências. Optou-se por uma busca estruturada da literatura, sem seguir todos os passos de uma revisão sistemática formal, mas adotando critérios explícitos de seleção e análise.

A coleta de dados foi realizada entre março e setembro de 2025 nas bases PubMed, SciELO, Scopus, ERIC e Web of Science, utilizando descritores em português e inglês, combinados por operadores booleanos: “laboratórios virtuais”, “virtual laboratory”, “biosciences education”, “distance learning”, “simulation-based learning” e “digital pedagogy”.

Foram incluídos artigos publicados entre 2019 e 2025, período no qual se intensificou a adoção de práticas virtuais e híbridas em virtude da pandemia de COVID-19 e de sua permanência no pós-pandemia. Os critérios de inclusão abrangeram:

- a) Estudos empíricos quantitativos ou qualitativos;
- b) Revisões sistemáticas ou de escopo;
- c) Relatórios técnicos e documentos institucionais que abordassem o uso de laboratórios virtuais no ensino de Biociências, Biomedicina, Biotecnologia ou áreas correlatas;
- d) Textos disponíveis integralmente em português, inglês ou espanhol.

Após a leitura de títulos e resumos, os artigos potencialmente elegíveis foram submetidos à leitura na íntegra. Excluíram-se publicações que tratavam exclusivamente de laboratórios virtuais em áreas não relacionadas às ciências da vida ou que abordavam apenas aspectos técnicos de desenvolvimento de software, sem discussão pedagógica. Ao final, 24 publicações foram selecionadas por relevância temática e qualidade metodológica.

A análise de conteúdo (BARDIN, 2011) permitiu organizar os achados em três eixos principais:

- Ferramentas e plataformas digitais utilizadas em Biociências;
- Impactos dos laboratórios virtuais na aprendizagem e no engajamento;
- Desafios tecnológicos, pedagógicos e avaliativos na implementação institucional.

4 Resultados e discussão

4.1. Ferramentas e plataformas digitais

Os estudos revisados indicam que plataformas como Labster, PhET Interactive Simulations, BioDigital Human, PraxiLabs e Molecular Workbench figuram entre as mais utilizadas no ensino de Biociências. Tais ambientes oferecem simulações em áreas como biologia celular e molecular, microbiologia, genética, bioquímica e fisiologia, com tarefas guiadas, feedback automático e relatórios de desempenho (FERNANDES; LIMA; SOUZA, 2022).

Em geral, essas plataformas permitem que o estudante:

- Manipule equipamentos virtuais (pipetas, microscópios, centrífugas);
- Controle variáveis experimentais em ambientes seguros;
- Receba feedback imediato sobre decisões e procedimentos;
- Repita experimentos sem custo adicional de reagentes.

Revisões como as de De Jong, Linn e Zacharia (2013) e Brinson (2015) apontam que laboratórios virtuais são particularmente úteis para o desenvolvimento de conceitos e de habilidades de investigação, enquanto os laboratórios físicos se mostram insubstituíveis para o aperfeiçoamento de habilidades psicomotoras e instrumentais mais finas. Essa complementaridade é um elemento central para a elaboração de currículos que integrem práticas virtuais e presenciais.

4.2. Impactos na aprendizagem e no engajamento

Os dados analisados sugerem que o uso de laboratórios virtuais pode aumentar significativamente a motivação, a compreensão conceitual e o sentimento de autoeficácia dos estudantes em Biociências. Kalu et al. (2022) descrevem ganhos de retenção de até 40% em conceitos celulares e bioquímicos em grupos que utilizaram simulações virtuais, em comparação a grupos que tiveram apenas aulas práticas presenciais. Estudos como os de Santos e Almeida (2023) e Coleman e Smith (2019)

apontam melhorias em desempenho teórico, percepção de utilidade e confiança para realizar práticas em laboratório físico após experiências prévias em ambientes virtuais.

Além da dimensão cognitiva, há evidências de desenvolvimento de habilidades superiores, como raciocínio hipotético-dedutivo, tomada de decisão em contextos de incerteza e capacidade de análise de dados complexos (RODRIGUES; PEREIRA; MARTINS, 2023). Esses resultados são consistentes com a literatura de simulação baseada em aprendizagem, que indica que cenários virtuais bem estruturados podem promover engajamento profundo e aprendizagem ativa, desde que acompanhados de momentos de debriefing, discussão reflexiva e avaliação formativa.

Importante ressaltar que tais impactos positivos não são automáticos: dependem do alinhamento entre objetivos de aprendizagem, atividades propostas e formas de avaliação. Simulações utilizadas apenas como “demonstrações digitais” tendem a reproduzir a lógica transmissiva, enquanto atividades que exigem tomada de decisão, elaboração de hipóteses e reflexão crítica favorecem aprendizado mais duradouro.

4.3. Desafios e limitações

Apesar dos resultados promissores, a literatura é consistente em indicar limitações e desafios à implementação de laboratórios virtuais em larga escala. O primeiro diz respeito à formação docente. Muitos professores de Biociências não receberam formação específica em metodologias ativas mediadas por tecnologia, o que pode levar a um uso restrito ou tecnicista das plataformas (MOREIRA; HENRIQUE, 2023). Em vez de ambientes de investigação, os laboratórios virtuais acabam sendo usados como mera ilustração de conteúdos previamente explicados.

Outro desafio central é a desigualdade de acesso à infraestrutura tecnológica. Em contextos da América Latina, dificuldades de conectividade, ausência de dispositivos adequados e custo de licenças podem limitar o uso contínuo e equitativo de laboratórios virtuais (GOMES; LUZ; CUNHA, 2024). Nessas situações, políticas institucionais de inclusão digital — como oferta de laboratórios de informática, empréstimo de equipamentos e negociação de licenças institucionais — são fundamentais para que os benefícios dessas ferramentas não reforcem desigualdades preexistentes.

Do ponto de vista epistemológico, permanece a questão: em que medida laboratórios virtuais podem substituir o laboratório físico? Revisões recentes apontam que, embora as simulações sejam eficazes para a aprendizagem de conceitos e procedimentos em nível cognitivo, elas não substituem integralmente a experiência sensorio-motora, o trabalho colaborativo presencial e o manejo de imprevistos que caracterizam o trabalho em laboratório real (DE JONG; LINN; ZACHARIA, 2013; HERADIO et al., 2016). Assim, a literatura converge para a ideia de complementaridade: laboratórios virtuais ampliam o repertório e preparam o estudante para aproveitar melhor as práticas presenciais, mas não eliminam a necessidade do contato com o ambiente físico quando o objetivo é o domínio de habilidades técnicas complexas.

4.4. Perspectivas futuras

As perspectivas para o uso de laboratórios virtuais em Biociências apontam para um cenário de crescente integração entre ambientes físicos, virtuais e imersivos. A incorporação de realidade aumentada (RA) e realidade virtual (RV), bem como de

recursos de inteligência artificial, tende a tornar as experiências mais personalizadas, adaptando o nível de complexidade das tarefas ao desempenho do estudante (UNESCO, 2020).

Tendências recentes discutidas na literatura incluem:

- Ambientes híbridos nos quais o estudante interage com equipamentos reais complementados por overlays digitais;
- Uso de avatares e mundos virtuais persistentes para simular contextos clínicos e laboratoriais complexos;
- Dashboards de aprendizagem que monitoram o desempenho em tempo real e apoiam intervenções docentes mais precisas.

Os laboratórios virtuais constituem uma das inovações mais relevantes para o ensino de Biociências na EAD e em propostas híbridas. A literatura examinada indica que, quando bem planejados e integrados a estratégias de aprendizagem ativa, esses ambientes contribuem para:

- Ampliar o acesso à experimentação, sobretudo em contextos com limitações de infraestrutura;
- Promover engajamento, motivação e compreensão conceitual;
- Desenvolver competências digitais e habilidades investigativas alinhadas às demandas da ciência contemporânea.

Entretanto, o potencial formativo dos laboratórios virtuais depende de três condições principais:

- a) Formação docente para uso pedagógico crítico das tecnologias;
- b) Infraestrutura e políticas de inclusão digital que garantam acesso equitativo;
- c) Integração curricular planejada, em que as simulações virtuais complementem e enriqueçam as experiências em laboratórios físicos, e não as substituam indiscriminadamente.

Essas inovações, no entanto, intensificam a necessidade de discutir ética digital, proteção de dados, acessibilidade e sustentabilidade financeira das soluções adotadas. Mais do que adotar tecnologias de ponta, trata-se de integrá-las criticamente a projetos pedagógicos que priorizem equidade, relevância social e formação cidadã.

5 Considerações finais

Conclui-se que os laboratórios virtuais não são apenas uma alternativa provisória ao laboratório físico, mas um recurso capaz de reconfigurar a ecologia da aprendizagem científica, favorecendo uma cultura de experimentação digital, colaborativa e inclusiva. Seu uso estratégico pode contribuir tanto para a formação técnica quanto para o desenvolvimento de pensamento crítico, letramento científico e cidadania digital dos estudantes de Biociências.

Maria Fernanda Maia Gomes, Maria Clara Pinto Andrade, Raissa Maria da Silva Pantaleão, Victoria Maria do Arte Madeiro, Alessandro Sousa Paixão, Markênia Kelia Santos Alves Martins, Paulo Iury Gomes Nunes

Referências Bibliográficas

- AUSUBEL, David Paul. **Educational Psychology: A Cognitive View**. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1968.
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BRINSON, James R. Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: a review of the empirical research. **Computers & Education**, [S. l.], v. 87, p. 218–237, 2015. DOI: 10.1016/j.compedu.2015.07.003.
- COLEMAN, Sarah K.; SMITH, Caroline L. Evaluating the benefits of virtual training for bioscience students. **Higher Education Pedagogies**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 287–299, 2019. DOI: 10.1080/23752696.2019.1599689.
- DE JONG, Ton; LINN, Marcia C.; ZACHARIA, Zacharias C. Physical and virtual laboratories in science and engineering education. **Science**, [S. l.], v. 340, n. 6130, p. 305–308, 2013. DOI: 10.1126/science.1230579.
- FERNANDES, R. L.; LIMA, J. C.; SOUZA, V. P. Virtual labs in biological education: opportunities and challenges. **Computers & Education**, [S. l.], v. 190, p. 104593, 2022. DOI: 10.1016/j.compedu.2022.104593.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- GOMES, P. A.; LUZ, D. R.; CUNHA, E. M. Digital competence in biosciences teaching: a systematic review. **British Journal of Educational Technology**, [S. l.], v. 55, n. 1, p. 78–95, 2024. DOI: 10.1111/bjet.13421.
- HERADIO, Ruben; DE LA TORRE, Luis; DORMIDO, Sebastián; et al. Virtual and remote labs in education: a bibliometric analysis. **Computers & Education**, [S. l.], v. 98, p. 14–38, 2016. DOI: 10.1016/j.compedu.2016.03.010.
- KALU, E.; YUSUF, M.; IBRAHIM, A. Effectiveness of virtual laboratories in teaching cellular biology concepts. **International Journal of Science Education**, [S. l.], v. 44, n. 7, p. 1041–1058, 2022. DOI: 10.1080/09500693.2022.2061432.
- MAKRANSKY, Guido; THISGAARD, Malene W.; GADEGAARD, Helen. Virtual simulations as preparation for lab exercises: assessing learning of key laboratory skills in microbiology and improvement of essential non-cognitive skills. **PLOS ONE**, [S. l.], v. 11, n. 6, e0155895, 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0155895.
- MOREIRA, A. L.; HENRIQUE, M. A. The role of teachers in digital pedagogies: new skills for online science education. **Education and Information Technologies**, [S. l.], v. 28, p. 883–899, 2023. DOI: 10.1007/s10639-023-11345-0.
- NOVAK, Joseph D.; GOWIN, D. Bob. **Learning How to Learn**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- OLIVEIRA, J. R.; MOURA, G. A.; TORRES, L. A. Digital labs in life sciences education: a Brazilian perspective. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 233–249, 2021. DOI: 10.3895/rbect.v14n4.15123.

PIAGET, Jean. **A Formação do Símbolo na Criança**. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

RODRIGUES, F. M.; PEREIRA, C. E.; MARTINS, L. S. Simulation-based learning in biosciences: pedagogical and cognitive perspectives. **Advances in Physiology Education**, [S. l.], v. 47, p. 245–257, 2023. DOI: 10.1152/advan.00072.2022.

SANTOS, D. F.; ALMEIDA, T. R. Engagement and motivation in virtual labs for health sciences students. **Journal of Biological Education**, [S. l.], v. 57, n. 3, p. 322–337, 2023. DOI: 10.1080/00219266.2022.2148657.

SYPSAS, Aggelos; KALLES, Dimitris. Virtual laboratories in biology, biotechnology and chemistry education: a literature review. In: **Proceedings of the 22nd Pan-Hellenic Conference on Informatics**. [S. l.]: ACM, 2018. DOI: 10.1145/3291533.3291560.

UNESCO. **The Digital Transformation of Education: Global Report 2020**. Paris: UNESCO Publishing, 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **WHO Guideline: Recommendations on Digital Interventions for Health System Strengthening**. Geneva: WHO, 2019.

Editorial

Editor-chefe:

Vicente de Paulo Augusto de Oliveira Júnior
Centro Universitário Fanor Wyden
vicente.augusto@wyden.edu.br

Editor responsável:

Suely Alves Silva
Centro Universitário Fanor Wyden
suely.silva@wyden.edu.br

Autor(es):

Maria Fernanda Maia Gomes
Centro Universitário Ateneu
fernandamaia.contato@gmail.com
Contribuição: *Investigação, escrita e desenvolvimento do texto.*

Maria Clara Pinto Andrade
Centro Universitário Inta
mariaclarapintoandrade@gmail.com
Contribuição: *Investigação, escrita e desenvolvimento do texto.*

Raissa Maria da Silva Pantaleão
Faculdade de Ensino e Cultura do Ceará
raissamariadasilvapantaleaomar@gmail.com
Contribuição: *Investigação, escrita e desenvolvimento do texto.*

Victoria Maria do Arte Madeiro
Faculdade de Ensino e Cultura do Ceará
madeirovictoria96@gmail.com
Contribuição: *Investigação, escrita e desenvolvimento do texto.*

Alexsandro Sousa Paixão
Faculdade de Ensino e Cultura do Ceará
alexsousapaixao@gmail.com
Contribuição: *Investigação, escrita e desenvolvimento do texto.*

Markênia Kelia Santos Alves Martins
Centro Universitário Ateneu
markenia.kelia@professor.uniateneu.edu.br
Contribuição: *Investigação, escrita e desenvolvimento do texto.*

Paulo lury Gomes Nunes
Faculdade de Ensino e Cultura do Ceará
pign23@gmail.com
Contribuição: *Investigação, escrita e desenvolvimento do texto.*

Submetido em: 04.03.2026

Aprovado em: 05.03.2026

Publicado em: 05.03.2026

DOI: 10.5281/zenodo.19317014

Financiamento: N/A

Como citar este trabalho:

GOMES, Maria Fernanda Maia; ANDRADE, Maria Clara Pinto; PANTALEÃO, Raissa Maria da Silva; MADEIRO, Victoria Maria do Arte; PAIXÃO, Alexsandro Sousa; MARTINS, Markênia Kelia Santos Alves; NUNES, Paulo lury Gomes. LABORATÓRIOS VIRTUAIS EM BIOCÊNCIAS: POTENCIALIDADES, LIMITES E DESAFIOS NA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. **Revista de Educação à Distância**, [S. l.], p. 45–55, 2026. DOI: 10.5281/zenodo.19317014. Disponível em: <https://wyden.periodicoscientificos.com.br/index.php/READ/article/view/1324>. Acesso em: 29 mar. 2026. (ABNT)

Gomes, M. F. M., Andrade, M. C. P., Pantaleão, R. M. S., Madeiro, V. M. A., Paixão, A. S., Martins, M. K. S. A., & Nunes, P. I. G. (2026). Laboratórios virtuais em biociências: Potencialidades, limites e desafios na educação a distância. *Revista de Educação à Distância*, 45–55. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19317014> (APA)



© 2026 Revista de Educação à Distância. Centro Universitário Fanor Wyden – UniFanor Wyden. Este trabalho está licenciado sob uma licença *Creative Commons* Atribuição - Não comercial - Compartilhar 4.0 Internacional (CC-BY NC 4.0 Internacional).