

MICROBIOLOGIA NA SALA DE AULA: PRÁTICAS EDUCATIVAS NO ENSINO MÉDIO

¹LEONARDO LIMA BANDEIRA, ²JEAN GLEISON ANDRADE DO NASCIMENTO,
¹ARIEL DE FIGUEIRÊDO NOGUEIRA MESQUITA, ¹SUZANA CLAUDIA SILVEIRA MARTINS,
¹CLAUDIA MIRANDA MARTINS

¹Universidade Federal do Ceará (UFC)

²Universidade Estadual do Ceará (UECE)

<leonardolbandeira@gmail.com> <jean.gleison@uece.br>
<arielmesquita26@gmail.com> <suzanac@ufc.br> <claudiamartins@ufc.br>

DOI: 10.21439/conexoes.v19.3884

Resumo. A formação em microbiologia no Ensino Médio brasileiro frequentemente é abordado de forma teórica e descontextualizada, não promovendo nos estudantes uma compreensão crítica sobre a relevância dos microrganismos no cotidiano. Este estudo investigou o impacto da implementação de práticas experimentais de baixo custo para melhorar o aprendizado e o interesse dos alunos por microbiologia. Atividades práticas foram conduzidas em escolas de Fortaleza e Maranguape (CE), abordando técnicas como coleta de amostras microbiológicas, avaliação de crescimento, microscopia e fermentação. A metodologia envolveu a aplicação dessas atividades práticas e a coleta de dados por meio de questionários, analisados qualitativa e quantitativamente. Os resultados mostraram que 95% dos 52 alunos de Fortaleza e 86,67% dos 48 de Maranguape recomendaram as práticas para outros estudantes, e 83,33% dos alunos de Maranguape e 80% de Fortaleza relataram um aumento expressivo no interesse pela microbiologia, e que a opinião dos alunos não diferiu significativamente entre as escolas. Constatou-se também que os alunos desenvolveram uma melhor compreensão dos conceitos teóricos e habilidades práticas, além de uma aprendizagem mais significativa e contextualizada. As práticas experimentais de microbiologia são uma estratégia para o ensino de ciências no Ensino Médio, especialmente em contextos com recursos limitados.

Palavras-chave: aprendizagem ativa; educação científica; escola pública; metodologias de baixo custo; microscopia óptica.

MICROBIOLOGY IN THE CLASSROOM: EDUCATIONAL PRACTICES IN HIGH SCHOOL

Abstract. Microbiology education in Brazilian high schools is often approached in a theoretical and decontextualized manner, failing to promote a critical understanding among students about the relevance of microorganisms in everyday life. This study investigated the impact of implementing low-cost experimental practices to enhance students' learning and interest in microbiology. Practical activities were conducted in schools in Fortaleza and Maranguape (CE), covering techniques such as microbiological samples collection, growth evaluation, microscopy, and fermentation. The methodology involved the implementation of these practical activities and data collection through questionnaires, which were qualitatively and quantitatively analyzed to assess student's perception. The results showed that 95% of students in Fortaleza and 86.67% in Maranguape recommended the practices to other students, and 83.33% of students in Maranguape and 80% in Fortaleza reported a significant increase in interest in microbiology. Additionally, students developed a better understanding of theoretical concepts and practical skills, along with more meaningful and contextualized learning. It is concluded that experimental microbiology practices are a valuable strategy for teaching science in high school, especially in contexts with limited resources.

Keywords: active learning; low-cost methodologies; optical microscopy; public school; science education.

1 INTRODUÇÃO

A microbiologia constitui um campo fundamental das ciências biológicas, dedicando-se ao estudo dos microrganismos, incluindo bactérias, fungos, vírus e outros organismos microscópicos. Esses seres, ubíquos no planeta, desempenham funções essenciais em diversos processos vitais para a humanidade e o equilíbrio ambiental [Madigan, Martinko e Parker 2021, Decker *et al.* 2021].

A compreensão do mundo microbiano permitiu avanços revolucionários na medicina, com o desenvolvimento de antibióticos, vacinas, técnicas assépticas e o controle de doenças infecciosas. Na indústria, os microrganismos são amplamente utilizados na produção de alimentos, bebidas, compostos bioativos, biocombustíveis e outros produtos [Yadav *et al.* 2019]. No meio ambiente, participam de ciclos biogeoquímicos, tratamento de resíduos, biorremediação e sustentabilidade dos ecossistemas [Tarquinio *et al.* 2021].

Apesar dessas aplicações significativas, o ensino de microbiologia enfrenta desafios no contexto brasileiro, sendo predominantemente teórico e apresentado de forma superficial e descontextualizada em muitas escolas, o que não favorece o interesse e compreensão dos estudantes sobre a relevância dos microrganismos no cotidiano [Cassanti *et al.* 2008, Ferreira 2010, Bezerra e Neto 2024].

A descontextualização do ensino se mostra pelo foco na exposição e memorização de conceitos com os quais nem sempre o aluno tem familiaridade [Bezerra e Neto 2024]. Essa problemática é frequentemente abordada nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), documento onde o Ministério da Educação reconhece que para se obter um ensino mais contextualizado é preciso adotar estratégias diferentes, evitando a compartimentalização da informação e se aproveitando da interdisciplinaridade inerente a diversos conteúdos, assim como incentivando o raciocínio, de forma a reduzir o distanciamento entre os conteúdos lecionados e as experiências prévias do aluno [Oda e Delizoicov 2011].

Diante desses desafios, a implementação de práticas experimentais de baixo custo tem sido apontada como uma estratégia promissora para melhorar o ensino de microbiologia. Essas práticas não apenas aproximam os alunos do "mundo microscópico", mas também estimulam o pensamento crítico e facilitam a compreensão de conceitos abstratos [Felix *et al.* 2020, Ono *et al.* 2020].

Nesse contexto, essa pesquisa busca avaliar como práticas experimentais podem contribuir para o ensino de microbiologia no ensino médio, levando em consideração a percepção dos alunos sobre a influência dessas atividades em seu interesse e aprendizado. Essa pesquisa se justifica pela necessidade de fornecer subsídios para o ensino prático de microbiologia, superando as limitações de infraestrutura e recursos frequentemente enfrentadas. Foram propostas atividades de fácil execução, que podem despertar o interesse dos estudantes pelo "mundo microscópico" e suas interações cotidianas. A partir do estudo de Bandeira *et al.* 2023, que exploraram experiências práticas em escolas públicas de ensino médio no Ceará, o presente estudo pretende expandir as investigações iniciadas por esses autores através da ampliação do escopo e de novas metodologias aplicadas ao ensino de microbiologia.

2 PERCURSO METODOLÓGICO

2.1 Tipo de estudo

A pesquisa realizada neste estudo foi de natureza descritiva [Gil 2022], com uma abordagem mista, envolvendo tanto componentes qualitativos quanto quantitativos. A escolha por um estudo descritivo se justificou pela necessidade de fornecer uma compreensão abrangente e detalhada do fenômeno em questão, que é a implementação de práticas experimentais e como elas podem contribuir para o ensino de microbiologia no Ensino Médio, mais precisamente, nas turmas de 3º ano. A abordagem mista de Sampieri, Collado e Lucio 2013 permitiu uma análise mais completa, combinando a coleta e análise de dados qualitativos para explorar em profundidade as percepções, experiências e atitudes dos participantes, bem como dados quantitativos para mensurar padrões, relações e tendências relevantes ao objeto de pesquisa.

2.2 Área de estudo

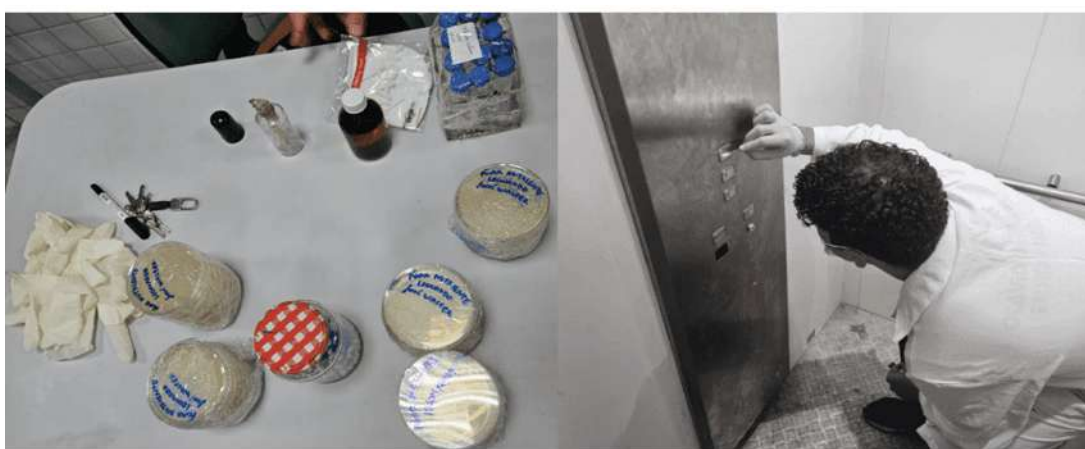
O estudo foi realizado em uma escola localizada na cidade de Maranguape e outra no município de Fortaleza, ambas situadas no Estado do Ceará, Brasil. A escola de Fortaleza (E1) possui uma comunidade estudantil diversificada, com aproximadamente 1.152 alunos matriculados, dos quais 52 participaram das práticas. Esses alunos são orientados por uma equipe de cerca de 51 professores. A escola de Maranguape (E2) tem uma comunidade

estudantil compreendendo aproximadamente 850 alunos matriculados, dos quais 48 participaram das práticas, e que são assistidos por uma equipe de aproximadamente 44 professores.

2.3 Prática 1: Os microrganismos estão em todo lugar

O objetivo desta prática foi ilustrar a presença e a ubiquidade dos microrganismos no ambiente ao nosso redor. Para isso, amostras foram coletadas de diversos locais usando hastes flexíveis estéreis umedecidas em solução salina estéril 0,85%. As hastes foram esfregadas em itens de uso diário, como canetas, maçanetas e celulares. Em seguida, as amostras foram inoculadas em placas de Petri contendo meio de cultura ágar nutriente (Figura 1). As placas foram incubadas a 37°C por um período de 3 dias, e após isso os resultados foram analisados e discutidos com os alunos [Bandeira *et al.* 2023, Vermelho *et al.* 2019].

Figura 1: Material utilizado na Prática 1 e coleta de material biológico.



Fonte: Autores, 2024.

2.4 Prática 2: Observação dos resultados e coloração de Gram

O objetivo principal desta prática foi a observação das colônias microbianas resultantes da inoculação feita na Prática 1 e a realização da coloração de Gram para a visualização microscópica das bactérias. Após a incubação, as placas foram analisadas a olho nu pelos alunos, que observaram as colônias microbianas formadas na superfície do meio de cultura. Eles descreveram as colônias com base em suas características morfológicas, como forma, margem, elevação e cor [Tortora, Funke e Case 2017].

Em seguida, uma amostra de uma colônia selecionada foi transferida para uma lâmina de vidro previamente limpa e identificada (Figura 2). Utilizando o protocolo padrão de coloração de Gram [Tortora, Funke e Case 2017], os alunos seguiram os passos para fixação e coloração do esfregaço bacteriano (Figura 2). Esse método diferencial de coloração é fundamental para distinguir bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, devido à diferença na composição química de suas paredes celulares, que interagem de maneira distinta com os corantes [Salton 1963].

A coloração de Gram aumenta o contraste entre as bactérias e o fundo da lâmina, permitindo que os alunos visualizem claramente a morfologia bacteriana, incluindo forma, tamanho e arranjos celulares, ao microscópio. Essa técnica é essencial para o estudo microbiológico, pois fornece informações fundamentais sobre os microrganismos presentes nas amostras analisadas [Tripathi, Zubair e Sapra 2025].

2.5 Prática 3: Observando a fermentação

Aula teórica.

Figura 2: Preparação de lâminas e alunos executando a coloração de Gram.

Fonte: Autores (2024).

Antes da prática, os alunos participaram de uma aula teórica sobre fermentação. O tema foi contextualizado com exemplos de alimentos e bebidas típicos, como queijo e iogurte. Foi explicado o conceito de fermentação, seus principais tipos e sua importância histórica e industrial.

Aula prática sobre fermentação com leveduras.

Na aula prática, um experimento simples foi realizado para demonstrar o processo de fermentação alcoólica catalisado por leveduras. Utilizaram-se ingredientes acessíveis como açúcar, fermento biológico (*Saccharomyces cerevisiae*), água e balões de festa, seguindo a metodologia proposta por Gonçalves 2022 (Figura 3).

Inicialmente, foram preparados dois controles negativos: o Controle 1 consistia apenas em água destilada e açúcar, enquanto o Controle 2 era composto por água destilada e fermento biológico. A finalidade do Controle 1 era comprovar que o açúcar, por si só, não provoca fermentação, enquanto o Controle 2 servia para ratificar que as leveduras, na ausência de açúcar, também não realizam fermentação.

Em seguida, realizou-se a mistura da levedura, açúcar e água no *Erlenmeyer*, observando ao longo de 5, 10 e 15 minutos o intumescimento gradual do balão acoplado ao tubo de ensaio devido ao gás carbônico liberado durante o processo fermentativo. Este experimento permitiu demonstrar de forma simples o processo bioquímico realizado por microrganismos.

2.6 Análise dos resultados

Ao final do ciclo de práticas, foi aplicado um formulário estilo *Likert* para os alunos, na plataforma *Google Forms*, para que eles compartilhassem suas opiniões acerca dessas novas metodologias de ensino adotadas nas escolas. Antes de responder o formulário, os alunos leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os dados foram tabelados e as análises estatísticas (cálculo de estatísticas descritivas e teste de hipóteses) foram realizadas no *software RStudio* 2025.05.1+513. Para avaliar a diferença entre as respostas dos alunos das duas escolas, foi aplicado o teste exato de *Fisher* devido às baixas frequências esperadas em algumas categorias das variáveis.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Participaram das práticas de microbiologia 52 alunos de uma escola de Fortaleza (E1) e 48 de uma escola de Maranguape (E2). No entanto, apenas 40 alunos de (E1) (76,9%) e 30 de (E2) (62,5%) responderam ao questionário aplicado de forma online pelo professor de Biologia da escola. A diferença na taxa de resposta pode ser atribuída a diversos fatores, como a falta de acesso à internet, desinteresse em responder a questionários online ou dificuldades técnicas enfrentadas pelos alunos. Este cenário é comum em pesquisas educacionais realizadas em contextos escolares, conforme discutido por Silverman e Patterson 2015.

Figura 3: Material usado na aula prática de fermentação.

Fonte: Autores (2024).

Antes da realização das práticas de microbiologia, os alunos foram questionados sobre seu interesse pelo tema. Na E1, 75% dos alunos relataram estar muito interessados, enquanto na E2, esse percentual foi de 70%. Esses dados sugerem uma predisposição positiva para o aprendizado da microbiologia, possivelmente refletindo uma curiosidade natural dos estudantes em relação aos fenômenos biológicos. Segundo Tai *et al.* 2006, o interesse inicial dos alunos é um fator crucial para o sucesso das atividades educativas.

Quando questionados sobre o conhecimento prévio da importância dos microrganismos no cotidiano, observou-se que a maioria dos alunos possuía um conhecimento limitado. Na E2, 46,67% dos alunos relataram ter conhecimento limitado, enquanto na E1, 25% dos alunos apresentaram esse nível de conhecimento. Em ambas as localidades, uma pequena parcela dos alunos afirmou possuir amplo conhecimento sobre o tema (E2: 16,67%; E1: 27,5%). O resultado do teste de Fisher ($p = 0.169$) indicou que não há diferença significativa entre as duas escolas. Estes resultados indicam uma lacuna no ensino anterior sobre a microbiologia e a relevância dos microrganismos, o que reforça a necessidade de intervenções educativas mais focadas e aprofundadas [Cândido *et al.* 2015].

Durante as práticas de coleta e observação do crescimento microbiano, um entusiasmo notável foi observado entre os alunos. Na E1, 90% dos alunos se sentiram entusiasmados e curiosos durante a atividade, enquanto na E2 essa porcentagem foi de 83,33%, não havendo diferença significativa quanto a esses valores ($p = 0,4831$). Nenhum aluno se considerou desinteressado ou pouco interessado. Esse alto nível de envolvimento pode ser atribuído ao caráter prático e interativo das atividades, que ajudam a tornar os conceitos científicos mais concretos e acessíveis. Estudos anteriores, como o de Freeman *et al.* 2014, demonstram que atividades práticas podem aumentar significativamente o engajamento dos alunos e promover uma aprendizagem mais efetiva.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram a literatura existente, que aponta os benefícios da implementação de atividades práticas no ensino de microbiologia. Conforme observado por Cassanti *et al.* 2008, o ensino desta disciplina no Brasil frequentemente adota uma abordagem tradicional, com ênfase excessiva na memorização de conceitos, em detrimento da construção significativa de conhecimentos. Essa visão é reforçada por Bezerra e Neto

2024, que identificaram um ensino descontextualizado, no qual os microrganismos são vistos como seres abstratos pelos alunos.

A prática de observação microscópica e coloração de Gram foi particularmente eficaz em aumentar o interesse dos alunos pela microbiologia. Na E2, 83,33% dos alunos relataram um aumento substancial no interesse, enquanto na E1, 75% dos alunos sentiram o mesmo, novamente, sem diferença significativa entre as escolas ($p = 0,7492$). Estes dados corroboram a eficácia das práticas laboratoriais em despertar a curiosidade científica e aprofundar o entendimento dos estudantes sobre os microrganismos, conforme observado por Wood 2010.

Além disso, a prática sobre fermentação mostrou-se eficaz em melhorar a compreensão dos alunos sobre o processo realizado por microrganismos. Na escola de Maranguape, 80% dos alunos afirmaram ter compreendido muito melhor esse processo após a prática, enquanto na escola de Fortaleza, 75% dos alunos relataram uma melhora significativa em sua compreensão. Estes achados destacam a importância das atividades práticas para consolidar conceitos teóricos complexos e promover uma aprendizagem significativa [Prince 2004]. Além disso, novamente não houve diferença estatística entre as escolas ($p = 1$), o que evidencia que, mesmo para alunos em diferentes contextos e em diferentes municípios, as práticas escolhidas foram importantes para agregar conhecimento e despertar interesse.

Nesse cenário, as práticas experimentais demonstraram seu potencial para aproximar os estudantes do "mundo microscópico" e suas aplicações cotidianas. Conforme apontado por Ferreira 2010, essas atividades aumentam o interesse e a motivação dos alunos pelo conteúdo, tornando as aulas mais estimulantes e engajadoras. Esse fenômeno foi observado nas duas escolas participantes, onde a maioria dos estudantes relatou entusiasmo e curiosidade durante as práticas e no campo de comentários do formulário, onde diversos alunos elogiaram e pediram mais práticas, inclusive de outras disciplinas como química, e mais tempo para poder aprofundar mais o conteúdo. Também foi observado um grande aumento no interesse pela microbiologia após participar das práticas (80,0% em Fortaleza e 83,34% em Maranguape, $p = 0,8744$).

Ao possibilitar a observação direta de fenômenos microbianos, como o crescimento de colônias, as características morfológicas e a fermentação, as práticas facilitaram a assimilação de conceitos abstratos, corroborando os argumentos de Mattar e Aguiar (2018). Essa aprendizagem mais significativa e integrada à realidade foi refletida na percepção dos alunos, com a maioria considerando que as atividades contribuíram para a compreensão dos tópicos abordados.

Ademais, as práticas desenvolveram habilidades manuais e o uso de equipamentos científicos. A execução de técnicas como coleta de amostras, inoculação em meios de cultura, microscopia e coloração de Gram proporcionou uma experiência prática alinhada com o trabalho científico, estimulando o espírito crítico e investigativo nos estudantes.

A percepção dos alunos sobre a facilidade na aprendizagem da microbiologia após as práticas foi amplamente positiva. Nenhum aluno afirmou que as práticas falharam em facilitar seu aprendizado. Na E2, 80% dos alunos afirmaram que as práticas facilitaram muito a aprendizagem, enquanto na E1, essa proporção foi de 65% (Figura 4). Apesar de não ser significativa ($p = 0,1902$), essa diferença pode ser atribuída a variações contextuais, como a infraestrutura escolar e o apoio pedagógico disponível em cada localidade. No entanto, esses resultados reforçam a eficácia das atividades práticas como uma estratégia pedagógica para melhorar a compreensão dos alunos sobre microbiologia, conforme discutido por Minner, Levy e Century 2010.

Esses resultados ressaltam a importância de superar os obstáculos frequentemente enfrentados no ensino prático de microbiologia, como a falta de laboratórios adequados e a capacitação limitada de professores, conforme apontado por Motokane 2015 e Santos, Gouvêa e Germano 2016. As estratégias de baixo custo adotadas neste estudo, utilizando materiais acessíveis e experimentos simplificados, demonstraram ser uma alternativa viável para tornar o ensino de microbiologia mais prático e envolvente, mesmo em ambientes com recursos limitados.

De acordo com Felix *et al.* 2020 e Ono *et al.* 2020, a implementação de práticas experimentais promove uma compreensão crítica sobre a relevância dos microrganismos no cotidiano. Essa afirmação é corroborada pelos resultados obtidos, nos quais a maioria dos alunos reconheceu o aumento do interesse e da motivação pelo tema após participar das atividades práticas. Em Maranguape, 83,33% dos alunos relataram que seu interesse e motivação aumentaram muito, enquanto em Fortaleza, essa porcentagem foi de 80%. Apenas 3,33% dos alunos de Maranguape e 2,5% de Fortaleza indicaram que seu interesse permaneceu igual, e nenhum aluno relatou uma diminuição no interesse. Mais uma vez, não houve diferença significativa entre as escolas ($p = 0,8744$).

Esses resultados indicam uma aceitação geral das práticas de microbiologia como um método eficaz e agradável

de aprendizagem. Hofstein e Lunetta 2004 argumentam que a aceitação dos métodos de ensino prático entre os alunos é fundamental para o sucesso das atividades educativas, pois promove um ambiente de aprendizagem mais dinâmico e interativo. Além disso, as práticas de microbiologia executadas também aumentam a satisfação dos alunos com o processo educativo, corroborando com os achados de Minner, Levy e Century 2010 sobre os benefícios das práticas experimentais no ensino de ciências.

Além disso, os achados deste estudo estão alinhados com as iniciativas descritas por outros pesquisadores, que buscaram desenvolver atividades lúdicas e experiências práticas para aproximar os estudantes da microbiologia. Por exemplo, Santos *et al.* 2013 conduziram aulas teórico-práticas com estudantes do ensino médio em Londrina, envolvendo meios de cultura, microscopia e conceitos básicos da área. Da mesma forma, Torres *et al.* 2020 desenvolveram jogos, vídeos e dramatizações para promover o aprendizado em microbiologia de forma lúdica e interativa.

Outra iniciativa relevante é o Museu de Microbiologia do Instituto Butantan, descrito pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo (2016), que oferece exposições envolvendo filmes, modelos tridimensionais, atividades práticas e recursos interativos para envolver os visitantes no mundo microbiano. Essa abordagem interativa e envolvente corrobora os benefícios observados nas práticas implementadas neste estudo, que despertaram o entusiasmo e a curiosidade dos alunos.

Scandorieiro *et al.* 2018 também realizaram uma ação de extensão voltada para alunos do ensino médio no Paraná, empregando a metodologia da aprendizagem baseada em problemas (PBL) para conscientizá-los sobre a importância dos microrganismos. Essa abordagem ativa e contextualizada, assim como as práticas descritas neste artigo, contribuiu para uma compreensão mais profunda e significativa da microbiologia pelos estudantes.

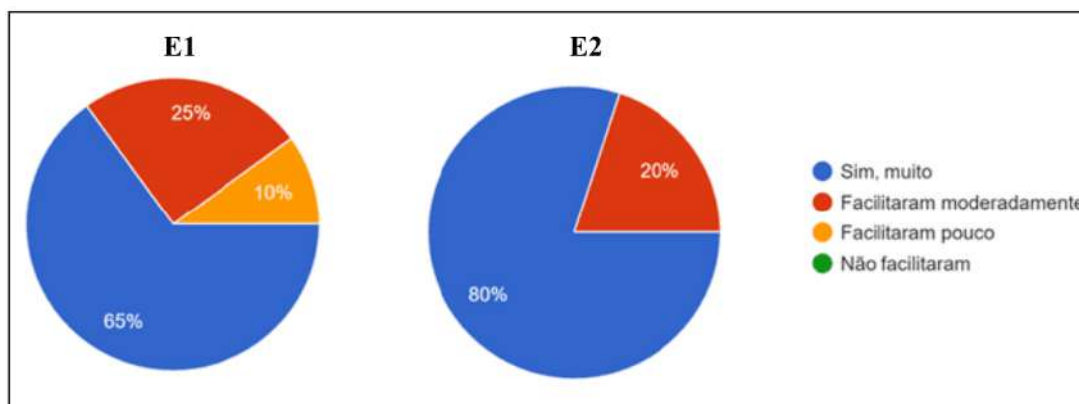
Os resultados positivos obtidos neste estudo e por outras iniciativas relatadas na literatura reforçam a importância de se investir em estratégias pedagógicas criativas e acessíveis para o ensino prático de microbiologia. Conforme destacado por Motokane 2015, é essencial superar as barreiras existentes e proporcionar aos estudantes uma educação científica de qualidade, mesmo em ambientes com recursos escassos.

As práticas de baixo custo implementadas, como o cultivo de microrganismos em placas de Petri com gelatina, a realização de coloração de Gram simplificada e o experimento de fermentação com materiais domésticos, demonstraram ser alternativas viáveis e eficazes, corroborando os argumentos de Cantos *et al.* 2020. Essas abordagens não apenas enriqueceram o ensino de microbiologia, mas também o tornaram mais acessível e atraente para os alunos, independentemente das limitações de recursos enfrentadas pelas escolas.

4 CONCLUSÃO

Este estudo evidenciou que a implementação de práticas experimentais de baixo custo é uma estratégia eficaz para aprimorar o ensino de microbiologia no Ensino Médio. As atividades práticas realizadas nas duas escolas, uma de Fortaleza e outra de Maranguape, despertaram o interesse e a motivação dos alunos, facilitando a compreensão de conceitos abstratos e promovendo uma aprendizagem mais significativa e contextualizada.

Figura 4: Respostas dos alunos à pergunta: “De forma geral, você acha que as práticas realizadas facilitaram sua aprendizagem sobre microbiologia?”



Fonte: Autores (2024).

REFERÊNCIAS

- BANDEIRA, L. L. *et al.* Unraveling the microbiological world: practical experiences in public high schools in Brazil. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, v. 15, n. 4, p. 3316–3333, jun. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/cuadv15n4-019>.
- BEZERRA, R. V.; NETO, L. S. Estrutura cognitiva de estudantes do ensino médio sobre contextos gerais ligados à microbiologia. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 7, n. 1, jul. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5335/rbecm.v7i1.14219>.
- CÂNDIDO, M. S. C. *et al.* Microbiologia no ensino médio: analisando a realidade e sugerindo alternativas de ensino numa escola estadual paraibana. *Ensino, Saúde e Ambiente*, v. 8, n. 1, maio 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/resa2015.v8i1.a21199>.
- CANTOS, T. R. *et al.* Ensino de microbiologia para alunos do ensino médio utilizando materiais de baixo custo: uma abordagem prática e acessível. In: *XVI Congresso Brasileiro de Ensino de Biologia*. Cuiabá: Associação Brasileira de Ensino de Biologia (SBEnBio), 2020. p. 1–6.
- CASSANTI, A. C. *et al.* Microbiologia democrática: estratégias de ensino aprendizagem e formação de professores. *Enciclopédia Biosfera*, v. 4, n. 5, 2008.
- DECKER, K. T. *et al.* prochipdb: a chromatin immunoprecipitation database for prokaryotic organisms. *Nucleic Acids Research*, v. 50, n. D1, p. D1077–D1084, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/nar/gkab1043>.
- FELIX, I. C. G. *et al.* Socialização de conceitos de microbiologia no ensino fundamental através de atividades práticas. *Revista Brasileira de Extensão Universitária*, v. 11, n. 2, p. 167–176, jul. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.36661/2358-0399.2020v11i2.11365>.
- FERREIRA, A. F. *A importância da microbiologia na escola: uma abordagem no ensino médio*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) — Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- FREEMAN, S. *et al.* Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 111, n. 23, p. 8410–8415, maio 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2022.
- GONCALVES, T. M. Identificando e observando a fermentação alcoólica das leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*): um experimento simples e de baixo custo na disciplina de Biologia. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 3, p. e51511317854, mar. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i3.17854>.
- HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. *Science Education*, v. 88, n. 1, p. 28–54, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/sce.10106>.
- MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; PARKER, J. Ecological diversity of bacteria. In: *Brock biology of microorganisms 16th edition*. Hoboken, NJ: Pearson, 2021. p. 478–518.
- MINNER, D. D.; LEVY, A. J.; CENTURY, J. Inquiry-based science instruction: what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 47, n. 4, p. 474–496, abr. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/tea.20347>.
- MOTOKANE, M. T. Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 17, n. spe, p. 115–138, nov. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s07>.
- ODA, W.; DELIZOICOV, D. Docência no ensino superior: as disciplinas Parasitologia e Microbiologia na formação de professores de Biologia. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 11, n. 3, p. 101–121, 2011.
- ONO, L. *et al.* Confeção e avaliação de incubadora e meios de cultura de baixos custos como materiais didáticos para práticas de microbiologia no ensino médio. *Educação, Ciência e Saúde*, v. 7, n. 2, dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.20438/ecs.v7i2.301>.
- PRINCE, M. Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, v. 93, n. 3, p. 223–231, jul. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>.
- SALTON, M. R. J. The relationship between the nature of the cell wall and the gram stain. *Journal of General Microbiology*, v. 30, n. 2, p. 223–235, fev. 1963.

- Disponível em: <https://doi.org/10.1099/00221287-30-2-223>.
- SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. *Metodologia de pesquisa*. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013. Tradução: Daisy Vaz de Moraes.
- SANTOS, P. M. C. D. *et al.* Microbiologia para o ensino médio e técnico: contribuição da extensão ao ensino e aplicação da ciência. *Revista Conexão UEPG*, v. 9, n. 2, p. 254–267, 2013.
- SANTOS, T. P.; GOUVÊA, V. H. M.; GERMANO, J. S. E. Weblab: uma alternativa viável para a falta de laboratórios de ciências nas escolas. *Revista Univap*, v. 22, n. 40, p. 166, nov. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.18066/revistaunivap.v22i40.909>.
- SCANDORIEIRO, S. *et al.* Problematização e práticas de microbiologia para ensino médio de escolas públicas. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 5, p. 245–257, 2018.
- SILVERMAN, D.; PATTERSON, C. *Doing qualitative research: a practical handbook*. London: SAGE Publications, 2015.
- TAI, R. H. *et al.* Planning early for careers in science. *Science*, v. 312, n. 5777, p. 1143–1144, 2006.
- TARQUINIO, F. *et al.* Distinct endophytic bacterial communities inhabiting seagrass seeds. *Frontiers in Microbiology*, v. 12, set. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.703014>.
- TORRES, B. B. *et al.* Um jogo didático para o ensino de microbiologia. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 15, n. 1, p. 1–23, 2020.
- TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 935 p.
- TRIPATHI, N.; ZUBAIR, M.; SAPRA, A. *Gram staining*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025. E-book. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562156/>. Acesso em: 16 jun. 2025.
- VERMELHO, A. B. *et al.* *Práticas de microbiologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2019.
- WOOD, W. B. Innovations in teaching undergraduate biology and why we need them. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, v. 25, n. 1, p. 93–112, nov. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.cellbio.24.110707.175306>.
- YADAV, A. N. *et al.* Biodiversity of psychrotrophic microbes and their biotechnological applications. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, v. 7, n. 4, p. 99–108, 2019.