

RESPINGO LETAL: UMA FERRAMENTA LÚDICA E EFICAZ NO ENSINO DE MICROBIOLOGIA

ROCIADO LETAL: UNA HERRAMIENTA LÚDICA Y EFICAZ EN LA ENSEÑANZA DE MICROBIOLOGIA

LETHAL SPLASH: A PLAYFUL AND EFFECTIVE TOOL IN MICROBIOLOGY EDUCATION



Bruna Rodrigues CORRÊA¹
E-mail: bruh_rcorrea@usp.br



Carolina Diorio NASTARO²
E-mail: carolinanastaro@usp.br



Matheus Gallardo Souza INOUE³
E-mail: gallardoinoue@usp.br



Raphaela Machado Campos LOPES⁴
E-mail: machadoclopes.rapha@usp.br



Rita de Cássia Café FERREIRA⁵
E-mail: ritacafe@usp.br

Como referenciar este artigo:

CORRÊA, B. R.; NASTARO, C. D.; INOUE, M. G. S.; LOPES, R. M. C.; FERREIRA, R. C. C. Respingo Letal: uma ferramenta lúdica e eficaz no ensino de microbiologia. **Revista on line de Política e Gestão Educacional**, Araraquara, v. 27, n. 00, e023040 2023. e-ISSN: 1519-9029. DOI: <https://doi.org/10.22633/rpge.v28i00.19906>



| Submetido em: 14/10/2024
| Revisões requeridas em: 07/11/2024
| Aprovado em: 19/11/2024
| Publicado em: 18/12/2024

Editor: Prof. Dr. Sebastião de Souza Lemes

Editor Adjunto Executivo: Prof. Dr. José Anderson Santos Cruz

¹ Universidade de São Paulo (USP), São Paulo – SP – Brasil. Aluna de graduação de Biomedicina.

² Universidade de São Paulo (USP), São Paulo – SP – Brasil. Aluna de graduação de Biomedicina.

³ Universidade de São Paulo (USP), São Paulo – SP – Brasil. Aluno de graduação de Biomedicina.

⁴ Universidade de São Paulo (USP), São Paulo – SP – Brasil. Aluna de graduação de Biomedicina.

⁵ Doutora em Ciências Biológicas pela UFRJ e professor na USP, atua em Microbiologia, com foco em Genética Molecular, transportadores ABC e modelos bacterianos. Desenvolve metodologias ativas de ensino, como o projeto #Adote.

RESUMO: Metodologias ativas de ensino geram engajamento dos alunos e promovem aprendizado duradouro. Nesse cenário, os jogos surgem como opção para propiciar o interesse e a compreensão de conceitos complexos, transmitindo informações de forma lúdica. Assim, apresentamos o jogo de tabuleiro “Respingo Letal”, desenvolvido por graduandos de Ciências Biomédicas do ICB/USP. Centrado no gênero *Mycobacterium*, ele permite aos participantes explorar e compreender a espécie *Mycobacterium tuberculosis* e conceitos gerais de Microbiologia. Ele foi aplicado em alunos do ensino fundamental e médio (n=216) em escolas públicas do estado de São Paulo e a eficácia foi avaliada por meio de questionários baseados na Escala de Likert e nuvens de palavras. Nota-se o interesse dos alunos pela dinâmica do jogo e declaração de ganho no aprendizado, ambos com mais de 75% de respostas favoráveis, colocando o “Respingo Letal” como uma ferramenta eficaz para o aprendizado em Microbiologia para o ensino básico.

PALAVRAS-CHAVE: Metodologias Ativas. Jogos. Ensino de Microbiologia. *Mycobacterium tuberculosis*.

RESUMEN: Las metodologías activas de enseñanza generan el compromiso estudiantil y promueven un aprendizaje duradero. Este contexto, juegos surgen como una opción para propiciar el interés y la comprensión de conceptos complejos, transmitiendo información de manera lúdica. Así, presentamos el juego de mesa “Respingo Letal”, desarrollado por estudiantes de Ciencias Biomédicas del ICB/USP. Centrado en el género *Mycobacterium*, permite a los participantes explorar y comprender la especie *Mycobacterium tuberculosis* y conceptos generales de Microbiología. Se aplicó a estudiantes de primaria y secundaria (n=216) en escuelas públicas del estado de São Paulo, y su eficacia fue evaluada mediante cuestionarios basados en la Escala de Likert y nubes de palabras. Se notó el interés de los estudiantes por la dinámica del juego y el aumento en el aprendizaje, ambos con más del 75% de respuestas favorables, posicionando a “Respingo Letal” como herramienta eficaz para el aprendizaje de Microbiología en educación básica.

PALABRAS CLAVE: Metodologías Activas. Juegos. Enseñanza de Microbiología. *Mycobacterium tuberculosis*.

ABSTRACT: Active methodologies of teaching generate student engagement and promote lasting learning. In this context, games emerge as an option to foster interest and understanding of complex concepts, conveying information in a playful manner. Thus, we present the board game “Respingo Letal,” developed by Biomedical Sciences undergraduates from ICB/USP. Focusing on the *Mycobacterium* genus allows participants to explore and understand the species *Mycobacterium tuberculosis* and general concepts of Microbiology. It was applied to elementary and high school students (n=216) in public schools in the state of São Paulo, and its effectiveness was evaluated through Likert scale-based questionnaires and word clouds. It was noted that students were interested in the dynamics of the game and reported learning gains, with more than 75% of favorable responses, which places “Respingo Letal” as an effective tool for Microbiology learning for basic education.

KEYWORDS: Active Methodologies. Games. Microbiology Teaching. *Mycobacterium tuberculosis*.

Introdução

Na educação básica brasileira, o ensino de microbiologia está predominantemente centrado na identificação dos diversos grupos de microrganismos e suas respectivas doenças, abordando apenas alguns vírus, bactérias e protozoários (Ministério da Educação, 2018). Apesar de integrar o currículo educacional, a compreensão desse tema pelos estudantes enfrenta desafios relacionados à estrutura pedagógica vigente. Um exemplo notório é a metodologia tradicional de ensino, frequentemente questionada quanto à sua eficácia real na assimilação de conceitos ou conteúdos específicos (Armellini, 2021).

No cenário das ciências biológicas, é destacado que os estudantes possuem dificuldade de compreender, reter e aplicar conceitos vistos em aula, situação que pode ser em parte explicada pela maneira como esse conhecimento é transmitido aos discentes. Uma análise feita com materiais didáticos de aulas introdutórias de biologia no Ensino Superior mostrou que o principal foco é a memorização de fatos e sua compreensão (Momsen *et al.*, 2010). A metodologia tradicional da transmissão do conhecimento, focada apenas no professor como expositor do conteúdo e o estudante como um elemento passivo que capta e memoriza informações, gera aprendizado superficial e limitado quanto a capacidade de retenção de conceitos (Güneş, 2020). Como consequência, os estudantes tendem a mostrar falta de interesse pela temática específica (Vander, 1994).

Visando aumentar o interesse dos estudantes e tornar a experiência de aprendizagem mais atraente, surgem as metodologias ativas de ensino. Pautado nos princípios de protagonismo do aluno e mediação do professor, métodos ativos começam na prática e só então passam para a teoria, ou seja, desviam o foco do “ensinar” para o “aprender” (Diesel; Baldez; Martins, 2017). Ao colocar o estudante no papel de construtor ativo do seu conhecimento, a integração do novo saber com suas percepções e vivências externas torna a aprendizagem mais efetiva (Armellini, 2021). Dentre as correntes teóricas, Vygotsky (Vygotsky, 1967) destaca a importância da socialização na construção do conhecimento, uma vez que preconiza que o desenvolvimento cognitivo, isto é, o aprendizado, ocorre quando o indivíduo se apropria do conhecimento de outras pessoas, de livros, de atividades executadas e da solução de problemas por colaboração de pares (Diesel; Baldez; Martins, 2017).

Essa ideia é também vista no pensamento de Freire, autor com o qual os educadores brasileiros mais estão familiarizados (Suzuki; Fries, 2023), que define o ensino como um processo pautado nas mais diversas interações entre indivíduos, desde ações até palavras (Freire, 2005; Diesel; Baldez; Martins, 2017). No Brasil, apesar de poderem ser observadas

abordagens metodológicas ativas no ensino superior, nota-se carência desses métodos no ensino básico (Suzuki; Fries, 2023).

Nesse contexto de protagonismo do aluno, jogos educativos emergem como aliados na consolidação de temas específicos, como a microbiologia. Tais recursos oferecem aos estudantes a oportunidade de absorver novos conhecimentos de forma multissensorial, em um ambiente dinâmico que exige participação ativa (Cheung; Ng, 2021), o que os mantém engajados nos desafios propostos durante a dinâmica do jogo. Além disso, destaca-se também a obtenção imediata de resultados e feedbacks das respostas, o que dispensa a necessidade de aguardar correções por parte dos professores como ocorre em provas e trabalhos convencionais (Cheung; Ng, 2021), bem como a interação social, que permite a construção do conhecimento por meio da apropriação do conhecimento discutido em grupo e colaboração da discussão de soluções, como ocorrido nos fundamentos de Vygotsky. De fato, essa abordagem com jogos é reconhecida como “mais interessante, motivadora, propícia à retenção do conhecimento e capaz de aumentar a atenção” (Cheung; Ng, 2021).

Pensando nessas características de aquisição de saber propiciada pelos jogos e da importância do letramento em microbiologia, foi desenvolvido o jogo de tabuleiro denominado “*Respingo Letal*” por alunos do curso de graduação de Ciências Biomédicas do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB-USP), como atividade realizada no Projeto “Adote uma Bactéria” da disciplina de Bacteriologia (Botte *et al.*, 2014; Piantola *et al.*, 2018; Taschner *et al.*, 2020). “*Respingo Letal*” é um jogo de tabuleiro cujo objetivo é responder questões a respeito de aspectos que vão da morfologia, metabolismo, patogênese e epidemiologia centradas no gênero *Mycobacterium*, permitindo aos participantes explorar e compreender não apenas as espécies de *M. tuberculosis* e *M. leprae*, mas também conceitos básicos sobre o Reino Monera.

Para análise do jogo como ferramenta para a aprendizagem ativa em microbiologia, foram utilizados dois métodos qualitativos de análise: um questionário com 9 afirmações que foram avaliadas por escala de Likert (Likert, 1932), e a montagem de nuvens de palavras a partir das respostas utilizadas pelos estudantes (Armellini, 2021). O jogo foi aplicado em três turmas do segundo e terceiro ano do Ensino Médio e uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental II em três escolas públicas no Estado de São Paulo (capital, Sorocaba e Agudos). Os resultados obtidos demonstram que o jogo foi capaz de estimular de forma lúdica o interesse dos estudantes, gerar engajamento e facilitar a compreensão de conceitos em Microbiologia.

Nosso trabalho é o primeiro a trazer dados concretos do impacto de um jogo a respeito da *M. tuberculosis* em alunos do ensino básico.

Materiais e métodos

Jogo de tabuleiro “Respingo Letal”

O jogo foi projetado para ser educativo, dinâmico e, principalmente, simples na execução, tornando-o versátil e barato, se comparado com outros jogos de tabuleiro. Por isso, toda a estrutura do jogo pode ser impressa em uma impressora comum a partir de folhas de tamanho A4. Para alguns extras, cuja falta não atrapalha a experiência do jogador, são necessários recipientes e algo para acertá-los, ambos fáceis de serem encontrados. Os peões utilizados para marcar os jogadores, cartas, identificações, tabuleiro, regras e glossário estão disponíveis no arquivo para impressão. Caso os jogadores tenham dúvidas quanto a alguns jargões ou termos técnicos, o jogo acompanha um glossário para consulta a qualquer momento, bem como um manual de instruções que explica a dinâmica do jogo.

O tabuleiro segue uma direção única, com início e linha de chegada. A movimentação dos peões se dá pelo estipulado na carta de pergunta. Perguntas fáceis e gerais dão direito a avançar menos casas que perguntas mais difíceis e específicas. Caso o jogador acerte a resposta da pergunta na carta, ele avança o número de casas comandadas e recebe uma carta de “macrófago”; caso ele erre, continua na casa em que está e recebe uma carta de “bactéria”. As cartas de “bactéria” e “macrófago” existem para que o jogo não seja apenas baseado na sorte ou que a ordem dos jogadores confira alguma vantagem para algum deles. Quando alguém chega na casa final, o jogo acaba e a pontuação é baseada na diferença de cartas “macrófago” e “bactéria” de cada jogador. Quanto mais cartas “macrófago” o jogador tem em relação à “bactéria”, mais pontos tem. Dessa forma, a pontuação do jogo privilegia a quantidade de acertos ao longo do jogo.

Casas e cartas especiais foram colocadas no jogo para que a experiência seja dinâmica e competitiva. Os “eventos” mudam as regras do jogo, podendo trocar jogadores de lugar no tabuleiro, dividir as cartas “macrófago” e “bactéria” entre eles e imunizá-los de efeitos de outros eventos. Há dois eventos extras, sendo um deles um dos componentes da expansão que contém perguntas sobre a *Mycobacterium leprae*. O evento “Acerte o Alvo” aproxima o jogador dos antibióticos utilizados no tratamento e suas funções. Já o “Quem é mais provável” explora as similaridades e diferenças entre as *Mycobacterium tuberculosis* e *Mycobacterium leprae*.

Aplicação em estudantes

O jogo “*Respingo Letal*” foi aplicado para alunos de escolas públicas no Estado de São Paulo do 9º ano do Ensino Fundamental (EF) II e do 2º e 3º. Ano Ensino Médio (EM), conforme descrito na tabela abaixo (Tabela 1):

Tabela 1 – Relação das quantidades de alunos de cada série com a escola de origem

Escola	Data da aplicação	Série dos alunos	Número de alunos
IFSP - Sorocaba, SP	23 de junho de 2023	2º ano do EM	32
EMEF Profa. Wanny Salgado Rocha - São Paulo, SP	27 de setembro de 2023	9º ano do EF	66
EE Padre João Batista De Aquino - Agudos, SP	14 de junho de 2024	2º e 3º ano do EM	52
IFSP - Sorocaba, SP	18 de junho de 2024	2º ano do EM	66
Total de alunos = 216 EM: ensino médio EF: ensino fundamental			

Fonte: Elaboração dos autores.

Questionário avaliativo

Os métodos qualitativos utilizados para analisar a eficácia do jogo foram: a escala Likert e a formação de nuvem de palavras geradas a partir das respostas apresentadas pelos alunos. Para a escala Likert, foram utilizadas 9 afirmações sobre o aprendizado com o jogo e a influência da dinâmica lúdica que favoreceu o aprendizado. As respostas foram feitas com base em uma escala gradativa de 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente) de acordo com a experiência de cada aluno.

As afirmações foram construídas a partir do trabalho de Rocha, Bittencourt e Isotani (Rocha; Bittencourt; Isotani, 2015), que analisa os vários aspectos de um jogo subdividindo-os em 4 categorias: 1) Reação do usuário à simulação – relacionado à experiência do jogo e sua verossimilhança; 2) Reação do usuário à aprendizagem com o jogo – relacionado à percepção do jogador quanto a aquisição de conhecimento; 3) Reação do usuário ao jogo – relacionado à satisfação e engajamento durante o jogo; 4) Reação do usuário à aprendizagem durante as fases – referente à percepção de aprendizagem em cada fase de progresso do jogo.

Devido ao fato de o “*Respingo Letal*” ser um jogo de fase única no qual a superação é feita por perguntas aleatórias, a categoria 4 não foi incluída na avaliação. As perguntas, bem como qual a categoria avaliada, estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Afirmações presentes no questionário, que deveriam ser respondidas de acordo com preceitos definidos pela escala Likert (Likert, 1932) bem como a categoria de avaliação que cada uma representa (Rocha; Bittencourt; Isotani, 2015)

Nº	Afirmção	Categoria
1.	O jogo me permitiu aprender através da experiência de responder questões;	Reação do usuário à simulação
2.	Eu acredito que este jogo contribuiu muito para agregar novos conhecimentos a mim;	Reação do usuário à aprendizagem com o jogo
3.	Eu consigo relacionar o que aprendi com o jogo à realidade;	Reação do usuário à simulação
4.	O jogo agregou novos conhecimentos e me permitiu guardá-los graças à experiência lúdica;	Reação do usuário à simulação
5.	Eu adquiri mais conhecimentos sobre a <i>M. tuberculosis</i> durante o jogo;	Reação do usuário à aprendizagem com o jogo
6.	A dinâmica trazida pelo jogo me ajudou a manter a atenção e motivação no assunto;	Reação do usuário ao jogo
7.	O conteúdo do jogo é relevante para aprender sobre <i>M. tuberculosis</i> ;	Reação do usuário à aprendizagem com o jogo
8.	Foi fácil usar o jogo como material de aprendizagem;	Reação do usuário ao jogo
9.	Eu gostei do jogo e não me senti ansioso ou entediado por causa dele.	Reação do usuário ao jogo

Fonte: Elaboração dos autores.

As nuvens de palavras foram montadas a partir de respostas a uma questão dissertativa (“Você teria alguma crítica ou sugestão para melhorar o jogo?”), na qual os alunos puderam expressar suas opiniões, sugestões e críticas sobre a experiência de jogar “*Respingo Letal*”. As nuvens de palavras foram geradas a partir do programa *Word Cloud Generator by Jason Davies*⁶.

Ética

O jogo e os questionários foram aplicados para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental até o 3º ano do Ensino Médio. Antes da distribuição dos questionários, foi reforçado aos

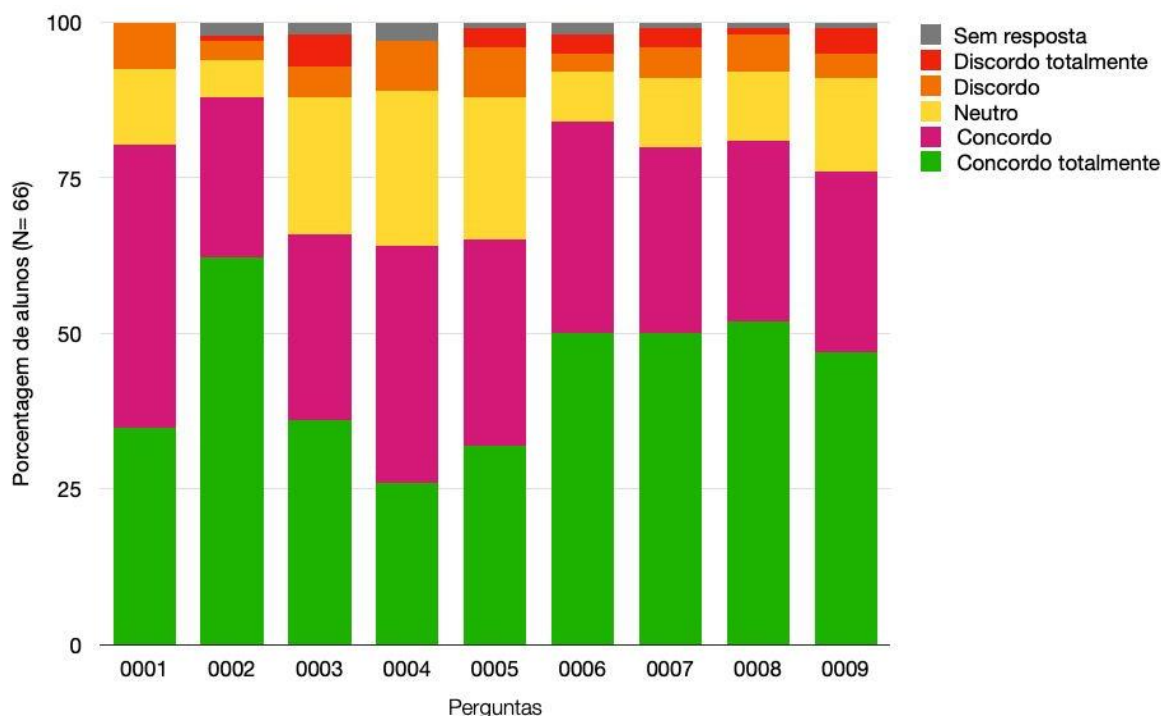
⁶ <https://www.jasondavies.com/wordcloud/>

discentes que a participação era opcional, anônima e não avaliativa. O trabalho foi aprovado pela comissão de ética da Plataforma Brasil (CAAE: 51764021.0.0000.5467).

Resultados

Para construção do “*Respingo Letal*”, foi selecionado o modelo jogo de cartas com tabuleiro, pois dentre as mecânicas de jogos existentes essa é uma variedade que apresenta benefícios para o processo de aprendizagem ao permitir que os jogadores entrem em contato com os conteúdos de microbiologia de forma direta para o avanço no jogo. Por ser um jogo físico, ele permite que o estudante construa seu conhecimento por meio de interações sociais com outros estudantes, fato que favorece a consolidação do conhecimento compartilhado. Por gerar um cenário competitivo, os alunos são estimulados a se concentrar na atividade, adquirir informações e estabelecer estratégias para garantir seu sucesso, o que une aprendizado com o engajamento motivado.

Figura 1 – Análise em escala de Likert do questionário do jogo, 9º ano EF - EMEF Profa. Wanny Salgado Rocha



Fonte: Elaboração dos autores.

A partir dos dados coletados durante a aplicação do jogo para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental, elaborou-se a escala de Likert, como indicado na Figura 1. Aproximadamente

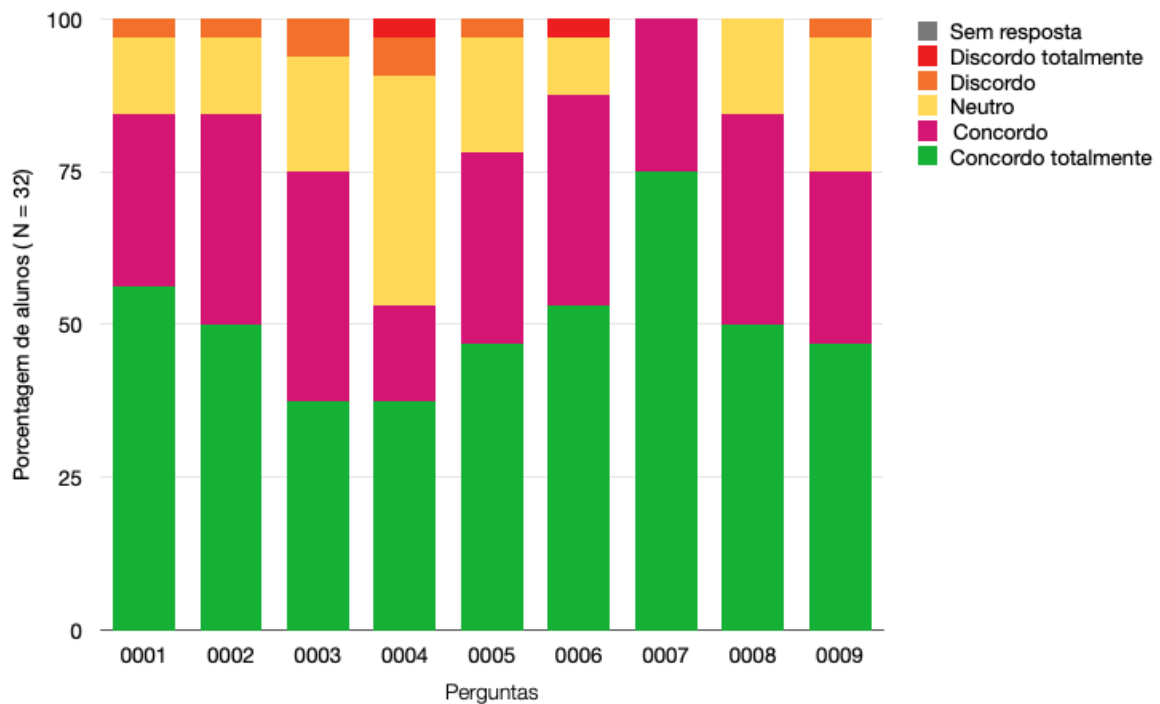
80% dos alunos do 9º ano concordam que o jogo contribuiu para agregar novos conhecimentos e que a dinâmica ajudou a manter a atenção e concentração. Mais de 75% concordam que o mecanismo de respostas permitiu o aprendizado, que o conteúdo é relevante para aprender sobre a *M. tuberculosis* e que foi fácil usar o material para esse fim. A partir das respostas da pergunta aberta, foi elaborada uma nuvem de palavras utilizadas pelos alunos (Figura 2). Palavras como “interessante”, “divertido”, “legal”, “gostei” e “ótimo” ganharam destaque. A sugestão de tornar o jogo mais fácil é depreendida pelo uso do termo “difícil” feito pelos alunos do Ensino Fundamental.

Figura 2 – Nuvem de palavras formada a partir de respostas à questão dissertativa feita pelos alunos do 9º ano do EF - EMEF Profa. Wanny Salgado Rocha



Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 3 – Análise em escala de Likert de respostas ao questionário sobre o jogo, aplicadas a alunos do 2º ano da EM – IFSP (2023)



Fonte: Elaboração dos autores.

Em relação aos alunos do Instituto Federal de São Paulo, em Sorocaba, os resultados gerados pelas respostas ao questionário sobre o jogo “*Respingo Letal*” estão apresentados na Figura 3. Todos os alunos do Ensino Médio concordam que o conteúdo abordado no “*Respingo Legal*” é relevante para o aprendizado sobre a *M. tuberculosis*, com mais de 75% considerando fácil o uso do jogo para o aprendizado (Figura 3).

Além disso, mais de 75% dos alunos concordaram que o mecanismo de perguntas do jogo propiciou o aprendizado dos conceitos de microbiologia abordados e também que a dinâmica lúdica ajuda a manter a atenção e concentração no tópico. Na questão dissertativa, os descritivos mais utilizados foram “divertidos”, “interessante”, “bom”, “gostei”, “amei” e “aprender”, demonstrando que os alunos conseguiram sentir que usar o “Respingo Letal” permitiu um aprendizado de forma descontraída (Figura 4).

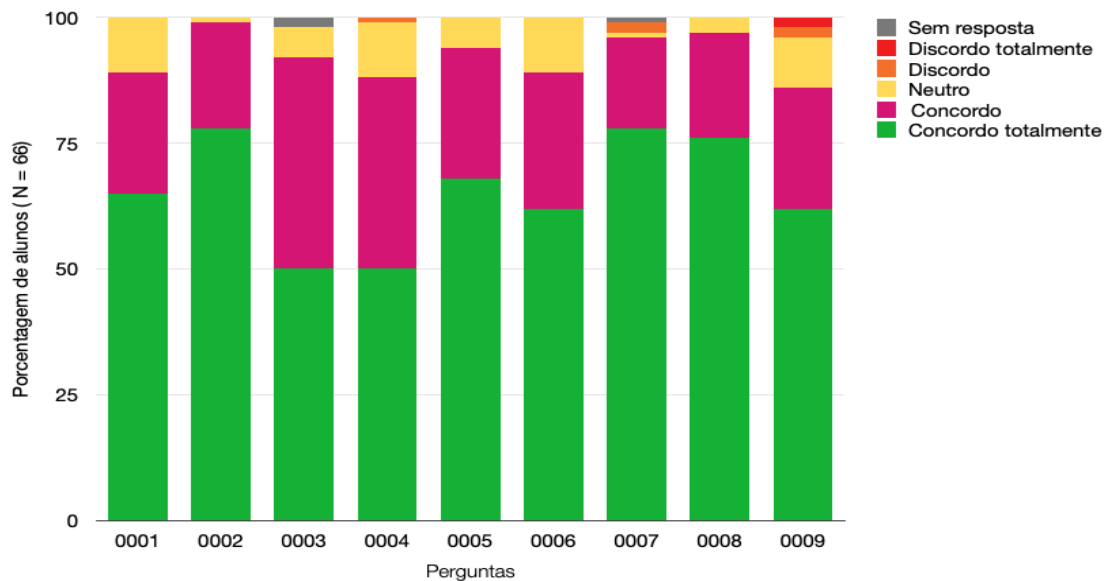
Figura 4 – Nuvem de palavras formada a partir de respostas à questão dissertativa feita pelos alunos do, 2º ano do EM do IFSP, no ano de 2023



Fonte: Elaboração dos autores.

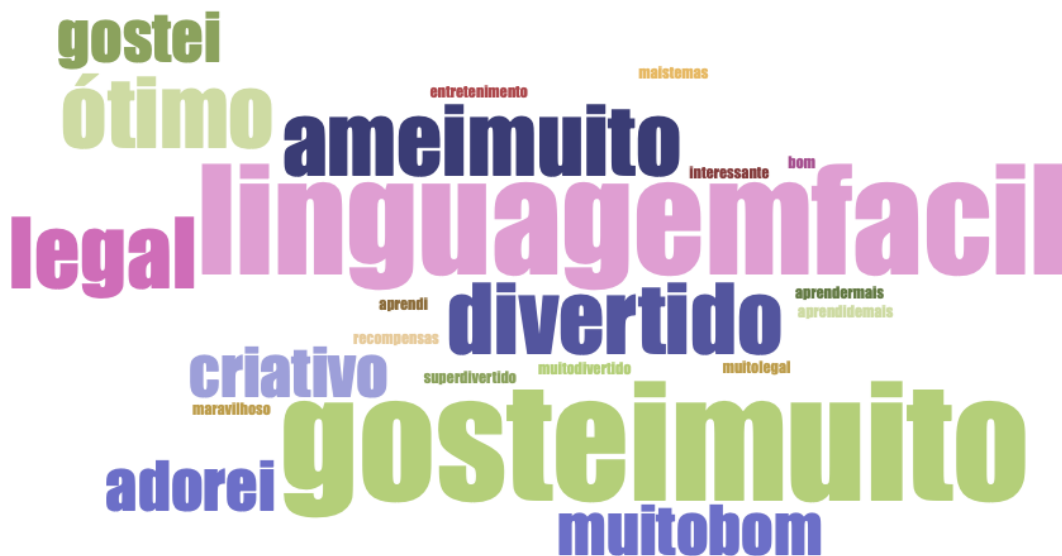
Um padrão de resposta semelhante foi observado nas avaliações feitas entre os alunos do IFSP em 2024 (Figura 5), com avaliações positivas a todas as perguntas feitas no questionário, com a porcentagem de “concordo” sendo superior a 80% das respostas para as 9 perguntas. Quanto à nuvem de palavras feitas a partir das respostas apresentadas pelos alunos do respectivo ano (Figura 6), observa-se uma avaliação positiva, com o uso dos termos “gostei”, “amei”, “divertido”, “criativo” e similares.

Figura 5 – Análise em escala de Likert de respostas ao questionário sobre o jogo, aplicadas a alunos do 2º ano do EM – IFSP, ano 2024



Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 6 – Nuvem de palavras ao questionário do jogo feita a partir das respostas apresentadas por alunos do 2º ano EM – IFSP, no ano de 2024

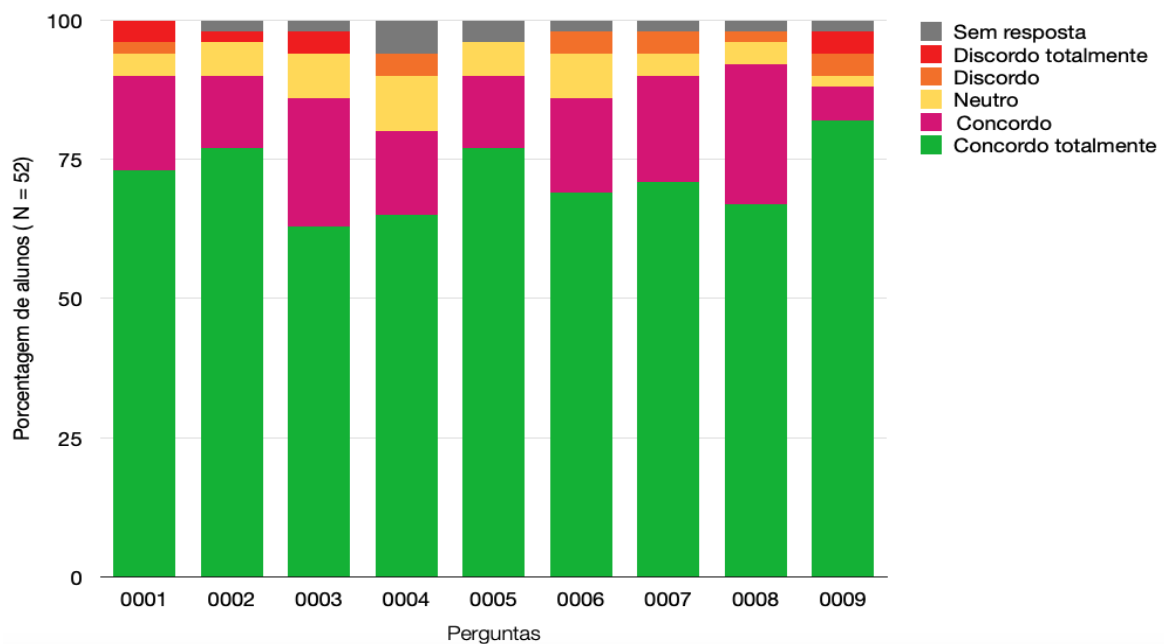


Fonte: Elaboração dos autores.

Por fim, foi analisada a resposta dos alunos do 2º e 3º ano da E. E. Padre João Batista De Aquino (Figura 7), na qual também se observa que mais de 80% dos alunos responderam de maneira positiva a todas as perguntas a respeito da relevância do jogo como material didático lúdico. No entanto, observa-se uma quantidade maior de discordância, especialmente devido à presença de respostas “discordo totalmente”, em maior quantidade do que quando comparada

às outras aplicações para turmas de ensino médio. Apesar disso, a porcentagem de avaliações positivas para o jogo foi superior a 80%. A nuvem de palavras montada a partir das respostas à questão dissertativa feitas pelos alunos da escola (Figura 8) mostra o mesmo padrão observado anteriormente com as palavras “perfeito”, “muito bom”, “gostei” e “muito interessante” ganhando destaque.

Figura 7 – Análise em escala de Likert de respostas ao questionário sobre o jogo, aplicadas a alunos do 2º e 3º anos do EM da E. E. Padre João Batista De Aquino



Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 8 – Nuvem de palavras do questionário do jogo feita a partir das respostas apresentadas por alunos do 2º e 3º anos EM - E. E. Padre João Batista De Aquino



Fonte: Elaboração dos autores.

De um modo geral, os resultados indicam que o jogo se revela como uma ferramenta lúdica e efetiva para o aprendizado em Microbiologia entre alunos do ensino básico, mas o conteúdo abordado se mostrou mais apropriado para alunos do Ensino Médio, embora discentes do Ensino Fundamental também tenham conseguido acompanhar a dinâmica e adquiriram novos conceitos. Em ambos os grupos, a aplicação do jogo aumentou a curiosidade dos alunos pela microbiologia.

Discussão

O “*Respingo Letal*” versa sobre duas micobactérias de interesse público: *Mycobacterium tuberculosis* (causadora da tuberculose) e *Mycobacterium leprae* (causadora da hanseníase). Segundo os dados do boletim epidemiológico de tuberculose de 2024 (Ministério da Saúde, 2024), apesar de a taxa de incidência de tuberculose no Brasil ter diminuído de 2022 (38 casos por 100 mil hab.) para 2023 (e 37,0 casos por 100 mil hab.), a incidência de tuberculose em menores de 15 anos de idade está crescendo desde 2020, chegando a 3,6% em 2023. Desse total em menores de 15 anos, 36,6% são em crianças entre 0 e 4 anos.

O jogo chama atenção para esses problemas de saúde pública no contexto nacional, por meio de perguntas que abordam não só informações sobre *Mycobacterium*, mas também curiosidades e tópicos gerais de microbiologia. Nesse sentido, o “*Respingo Letal*” visa propiciar o aprendizado dos jogadores sem exigir necessariamente uma aula prévia sobre o assunto, dando autonomia para a aquisição do conhecimento. Além disso, por meio de perguntas que trazem um recorte do panorama epidemiológico social, o jogo também instiga a curiosidade e senso crítico dos participantes. Nosso trabalho se destaca de outros sobre tuberculose ao avaliar uma ferramenta que não necessita de aulas anteriores e trazer dados a respeito da opinião dos jogadores, bem como uma comparação entre possíveis faixas etárias do material produzido.

A distribuição de respostas “discordo totalmente” quando o jogo foi aplicado no 9º está presente em 7 das 9 afirmações, ao passo que no ensino médio não passam de 4 entre 9. As únicas nas quais elas não apareceram foram “O jogo me permitiu aprender através da experiência de responder questões” e “O jogo agregou novos conhecimentos e me permitiu guardá-los graças à experiência lúdica”, ambas perguntas da categoria “reação do usuário à simulação”, ou seja, relacionado à experiência do jogo e sua verossimilhança. As com mais altas taxas de discordância foram a 3 (“Eu consigo relacionar o que aprendi com o jogo à realidade”) e a 9 (“Eu gostei do jogo e não me senti ansioso ou entediado por causa dele”). As

respostas resultantes da nuvem de palavras deixaram claro que os alunos consideraram o jogo difícil, o que pode ter contribuído para a sensação de ansiedade e tédio por não conseguirem se engajar completamente com a dinâmica e não conseguir relacionar o material com suas experiências de vida.

Apesar disso, a proporção de respostas positivas (“concordo totalmente” e “concordo”) é notável nas perguntas 1, 2, 6, 7, 8 e 9, todas iguais ou superiores à 75%. As com resposta positiva em menor proporção (por volta de 60%) foram “Eu consigo relacionar o que aprendi com o jogo à realidade”, “O jogo agregou novos conhecimentos e me permitiu guardá-los graças à experiência lúdica” e “Eu adquiri mais conhecimentos sobre a *M. tuberculosis* durante o jogo”.

Olhando para o IFSP, em 2023 as afirmações que tiveram respostas “discordo totalmente” foram a “O jogo agregou novos conhecimentos e me permitiu guardá-los graças à experiência lúdica” e “A dinâmica trazida pelo jogo me ajudou a manter a atenção e motivação no assunto”. A primeira também foi a que menos obteve respostas positivas, com pouco mais de 50%, apenas. Todas as outras, no entanto, foram iguais ou superiores a 75%, com a 7 (“O conteúdo do jogo é relevante para aprender sobre *M. tuberculosis*”) alcançando 100% de aprovação. Isso pode indicar que, apesar de os alunos considerarem que o jogo foi capaz de permitir que eles agregassem novos conhecimentos e que o mecanismo de responder questões permita o aprendizado, a experiência do jogo não tenha sido o fator principal. Entretanto, esse panorama muda para o ano de 2024, no qual a única afirmação com “discordo totalmente” foi a “Eu gostei do jogo e não me senti ansioso ou entediado por causa dele”, e, mesmo assim, todas as afirmações, incluindo essa, receberam mais de 75% de respostas positivas, sendo que a maioria (6 de 9) não recebeu nenhuma opinião negativa (“discordo” ou “discordo totalmente”). As nuvens reforçaram que, no geral, a resposta ao jogo foi positiva, com o questionário de 2024 mostrando que os alunos consideraram a linguagem do jogo fácil.

Para a E. E. Padre João Batista De Aquino, houve respostas de “discordo totalmente” nas afirmações 1 (“O jogo me permitiu aprender através da experiência de responder questões”), 2 (“Eu acredito que este jogo contribuiu muito para agregar novos conhecimentos a mim”), 3 (“Eu consigo relacionar o que aprendi com o jogo à realidade”) e 9 (“Eu gostei do jogo e não me senti ansioso ou entediado por causa dele”). Entretanto, a escala apresentou resposta positiva superior a 75% em todas as perguntas, e a maior proporção de “concordo totalmente” em relação a “concordo” entre todas as aplicações, com a nuvem de palavras também refletindo a recepção positiva ao jogo.

Considerando a extensa proporção de respostas positivas na maioria das afirmações durante as aplicações no ensino médio, bem como a menor prevalência de respostas negativas e a nuvem de palavras demonstrando o apreço pelo jogo, em comparação às respostas positivas do jogo no 9º ano, com maior prevalência de respostas negativas e a nuvem de palavras que indicou o jogo como sendo mais difícil, nós consideramos o ensino médio como sendo a faixa etária ideal de aplicação do jogo. Entretanto, apesar da maior prevalência, é notável que as respostas negativas dos alunos do 9º ano surgiram em baixíssima proporção, e que os participantes relataram terem gostado e se divertido durante a dinâmica, dizendo achar o jogo interessante. Assim, apesar de a faixa ideal ser de alunos do ensino médio, discentes mais novos também relatam ganho de aprendizado frente ao jogo. Nesse sentido, surge uma das limitações do nosso trabalho, dado que não foram utilizados métodos quantitativos de ganho de conhecimento dos alunos, apenas autodeclaração.

De todas as afirmações, a que tendeu a receber menos respostas positivas em todos os questionários foi a 4: “O jogo agregou novos conhecimentos e me permitiu guardá-los graças à experiência lúdica”. Considerando que as afirmações 1 e 2 receberam mais de 75% de respostas positivas em todas as aplicações (“O jogo me permitiu aprender através da experiência de responder questões” e “Eu acredito que este jogo contribuiu muito para agregar novos conhecimentos a mim”), que dizem respeito tanto ao aprendizado quanto à dinâmica lúdica do jogo, esse resultado parece indicar que os alunos não sentem que guardaram o conteúdo aprendido durante o jogo ou que guardaram, mas não devido à experiência lúdica.

É difícil assumir qualquer uma das explicações, dado que não foram realizados testes a respeito da aquisição de conhecimento e da manutenção dele a longo prazo. Entretanto, sabe-se que a construção e solidificação do conhecimento requerem a lembrança da informação, sua compreensão e sua aplicação (Ferraz; Belhot, 2010), processo que é dificultado quando a aplicação do jogo ocorre apenas uma única vez. Apesar disso, as respostas de “discordo totalmente” para essa afirmação não foram de grande proporção, prevalecendo as respostas positivas e neutras. Tudo isso é indicativo de que, frente a um conhecimento inédito, é importante considerar maneiras de continuar trabalhando o conteúdo adquirido para que ele se fixe, como, por exemplo, realizando múltiplas aplicações do jogo ou trabalhando o conteúdo em aula.

Considerações finais

Atualmente, com o uso disseminado da internet e o rápido desenvolvimento de hardwares e componentes eletrônicos que tornam celulares e computadores cada vez mais ágeis, os jogos eletrônicos e digitais têm se tornado amplamente predominantes entre crianças e adolescentes. A escolha de um jogo físico, no entanto, apresenta vantagens, como a promoção da interação social e das relações interpessoais, permitindo que os jogadores interajam e aprendam uns com os outros. Além disso, um jogo físico elimina a dependência da qualidade da internet e a necessidade de dispositivos eletrônicos, podendo ser reutilizado por diversos anos após sua impressão.

O “*Respingo Letal*” versa sobre as *Mycobacterium tuberculosis* e *Mycobacterium leprae*. No Brasil, a crescente incidência de tuberculose em menores de 15 anos de idade evidencia a importância da disseminação de informações sobre a tuberculose nas escolas. O jogo chama atenção para esses graves problemas de saúde pública no contexto nacional, frequentemente esquecidos pela população em geral, por meio de perguntas epidemiológicas que levam os alunos a refletir sobre as populações mais vulneráveis à tuberculose, os continentes e estados brasileiros mais afetados por essa doença, além de informações sobre a transmissão, tratamento e aspectos gerais de micobactérias e microbiologia. O objetivo é não apenas transmitir conteúdo relevante sobre tuberculose, mas também instigar a curiosidade e o senso crítico dos alunos. As respostas apresentadas por estudantes do Ensino Médio e do Ensino Fundamental em escolas públicas de São Paulo revelaram que o “*Respingo Letal*” foi capaz de despertar tais reações.

No Ensino Médio, é possível perceber que a grande maioria dos alunos concordaram que o jogo trouxe informações relevantes sobre a *M. tuberculosis*. Além disso, o jogo conseguiu manter os estudantes motivados graças à dinâmica. Dessa forma, percebe-se que a ferramenta de aprendizagem cumpriu seu papel de transmitir conhecimento, garantindo que o estudante permaneça motivado e não desanime frente ao tema de Microbiologia. Em relação ao Ensino Fundamental, mesmo com a diferença de arcabouço em conteúdo, o padrão de resultados permanece e os alunos demonstraram que o jogo foi importante para aprendizado sobre a doença e o agente infeccioso.

Jogos de tabuleiro educacionais já foram descritos para vírus (Wanyama *et al.*, 2012) (Lennon; Coombs, 2007), microbiota (Coil; Ettinger; Eisen, 2017) e até mesmo a *M. tuberculosis* (Silva *et al.*, 2024), entre outros. Apesar disso, este é o primeiro trabalho a apresentar dados resultantes das aplicações de um jogo com enfoque em *M. tuberculosis* em

alunos, demonstrando, por meio dos resultados da escala de Likert e da nuvem de palavras, a opinião dos estudantes sobre o “*Respingo Letal*”. Além disso, o estudo buscou avaliar a faixa etária com a qual o jogo melhor se adequa, analisando tanto alunos do Ensino Fundamental II quanto do Ensino Médio, o que resultou em informações relevantes sobre a inserção dessa ferramenta no ensino básico.

Ademais, a elaboração e aplicação do jogo tiveram um impacto positivo nos alunos de graduação envolvidos, não apenas no desempenho acadêmico, considerando o extenso trabalho de pesquisa e aprendizado relacionado ao desenvolvimento de um jogo científico, mas também na formação profissional. Essa experiência permitiu que os discentes tivessem contato com iniciativas de divulgação científica para a comunidade, por meio de atividades de extensão acadêmica. O contato direto com a Educação Básica também promoveu o desenvolvimento da visão crítica e social dos graduandos, ao desafiá-los a transmitir conteúdos complexos de forma simples, divertida e acessível.

Com isso, torna-se evidente que o fato de o Projeto #Adote incentivar e fornecer ferramentas para a criação de materiais de divulgação científica, a partir da metodologia de ensino ativa “Adote uma Bactéria”, desempenha um papel significativo na formação de profissionais interessados em disseminar conteúdos de microbiologia na sociedade e em organizar atividades de extensão acadêmica.

Agradecimentos

Nossos agradecimentos ao CEPID B3/Fapesp, à CCEEx-ICB e à FAPESP (processo 2023/12063-9) pelo auxílio, financiamento e apoio para a impressão dos jogos e realização dos eventos de divulgação científica presenciais nas escolas públicas visitadas.

Também agradecemos aos companheiros de equipe Christian Henrique Monstans Scavone dos Santos, Izabela Amélia Marques de Andrade, Pedro Gabriel Valente da Silva Oliveira, Pedro Lucas da Silva Oliveira, Rafaela Augusto Maia, Lara Naju Baroni, Barbara Rodrigues Cintra Armellini e Samantha Maia Brito por auxiliar na produção do jogo e na coleta de dados.

Agradecemos à toda comunidade escolar, tanto discente quanto docente, das escolas: Instituto Federal de São Paulo campus Sorocaba, à Escola Estadual Padre João Batista de Aquino e EMEF Professora Wanny Salgado Rocha.

REFERÊNCIAS

- ARMELLINI, B. R. C. **Utilização do ensino híbrido no ensino médio e superior com uso do “Adote uma bactéria” como ferramenta para inserção das redes sociais no estudo de Microbiologia**. 2021. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BOTTE, D. A. C. *et al.* Microbiologia no ensino superior: “Adote uma bactéria” (e o Facebook). **Microbiol Foco**, [S. l.], v. 23, n. 5, p. 5-9, 2014.
- CHEUNG, S. Y.; NG, K. Y. Application of the Educational Game to Enhance Student Learning. **Frontiers in Education**, [S. l.], v. 6, 2021.
- COIL, D. A.; ETTINGER, C. L.; EISEN, J. A. Gut Check: The evolution of an educational board game. **PLoS Biology**, [S. l.], v. 15, n. 4, e2001984, 2017. DOI: 10.1371/journal.pbio.2001984.
- DIESEL, A.; BALDEZ, A.; MARTINS, S. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, [S. l.], v. 14, p. 268-288, 2017. DOI: 10.15536/thema.14.2017.268-288.404.
- FERRAZ, A. P. do C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 42. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2005.
- GÜNEŞ, F. Discussions of Memorization in Education. **Eğitim Kuram ve Uygulama Araştırmaları Dergisi**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 409-418, 2020. DOI: 10.38089/ekuat.2020.37.
- LENNON, J.; COOMBS, D. The utility of a board game for dengue haemorrhagic fever. **Health Education**, [S. l.], v. 107, 2007. DOI: 10.1108/09654280710742582.
- LIKERT, R. The method of constructing an attitude scale. **Archives of Psychology**, [S. l.], n. 140, p. 44-53, 1932.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. **Boletim Epidemiológico Tuberculose**. Brasília, 2024.
- MOMSEN, J. L.; LONG, T. M.; WYSE, S. A.; EBERT-MAY, D. Just the Facts? Introductory Undergraduate Biology Courses Focus on Low-Level Cognitive Skills. **CBE—Life Sciences Education**, [S. l.], v. 9, n. 4, p. 435-440, 2010.

PIANTOLA, M. A. F. *et al.* Adopt a Bacterium—an active and collaborative learning experience in microbiology based on social media. **Brazilian Journal of Microbiology**, [S. l.], v. 49, p. 942-948, 2018.

ROCHA, R. V.; BITTENCOURT, I. I.; ISOTANI, S. Avaliação de Jogos Sérios: questionário para autoavaliação e avaliação da reação do aprendiz. *In*: SBGAMES, 14., 2015. **Anais [...]**. [S. l.: s. n.], 2015. p. 648-657.

SILVA, V. M. de M.; RODRIGUES, B. M.; ANDRADE, F. R. L. de; GOLDBAUM, R. de C. F. de M.; FERREIRA, U. L. Levantamento de casos de tuberculose em Carpina - PE e o jogo lúdico no combate à doença nas escolas. **Revista Foco**, [S. l.], v. 17, n. 3, e4310, 2024. DOI: 10.54751/revistafoco.v17n3-034.

SUZUKI, R.; FRIES, C. E. Metodologias ativas: uma pesquisa sobre sua utilização no Brasil. **Revista Binacional Brasil-Argentina: Diálogo Entre As Ciências**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 190-204, 2023. DOI: 10.22481/rbba.v12i02.12685.

TASCHNER, N. P.; ALMEIDA, L. G. de; POSE, R. A.; FERREIRA, R. C. C. Adopt a Bacterium: a professional development opportunity for teacher assistants. **FEMS Microbiology Letters**, [S. l.], v. 367, n. 16, 2020.

VANDER, A. J. The excitement and challenge of teaching physiology: shaping ourselves and the future. **Advances in Physiology Education**, [S. l.], v. 12, p. S3-S16, 1994.

VYGOTSKY, L. Play and its role in the mental development of the child. **Soviet Psychology**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 6-18, 1967.

WANYAMA, J. N.; CASTELNUOVO, B.; ROBERTSON, G.; NEWELL, K.; SEMPA, J. B.; KAMBUGU, A.; MANABE, Y. C.; COLEBUNDERS, R. A randomized controlled trial to evaluate the effectiveness of a board game on patients' knowledge uptake of HIV and sexually transmitted diseases at the Infectious Diseases Institute, Kampala, Uganda. **Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes**, [S. l.], v. 59, n. 3, p. 253-258, 2012. DOI: 10.1097/QAI.0b013e31824373d5.

.

CRediT Author Statement

- ☐ **Reconhecimentos:** Gostaria de expressar minha gratidão aos estudantes dos cursos de Ciências Biomédicas e Ciências Fundamentais da Saúde da USP pela participação na pesquisa por meio do Projeto #Adote. Também agradeço a Eduardo Gimenes pelo suporte técnico inestimável.
 - ☐ **Financiamento:** Sim, CCEx/USP, CAPES e CEPID B3/FAPESP.
 - ☐ **Conflitos de interesse:** Os autores declaram não haver conflitos de interesse.
 - ☐ **Aprovação ética:** Sim, este estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Plataforma Brasil, sob o número (CAAE): 51764021.0.0000.5467.
 - ☐ **Disponibilidade de dados e material:** Os dados e materiais serão disponibilizados após a publicação do artigo.
 - ☐ **Contribuições dos autores:** 1º Conduziu a análise da nuvem de palavras e do Likert, auxiliou na organização das visitas escolares e contribuiu para o manuscrito; 2º Elaborou e redigiu o manuscrito, auxiliou na organização dos eventos escolares e participou da aplicação dos jogos; 3º e 4º Contribuíram para o desenvolvimento do jogo e assistiram na aplicação dos jogos; 5º Contribuiu para a preparação e redação do manuscrito e é o criador do Projeto #Adote.
-

Processamento e editoração: Editora Ibero-Americana de Educação.
Revisão, formatação, normalização e tradução.

