

ESCHERICHIA COLI COMO MODELO DE AVALIAÇÃO DO PROGRESSO DE APRENDIZAGEM DOS ESTUDANTES DE GRADUAÇÃO EM MICROBIOLOGIA

ESCHERICHIA COLI COMO MODELO PARA EVALUAR EL PROGRESO EN EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE MICROBIOLOGIA

ESCHERICHIA COLI AS A MODEL FOR EVALUATING THE PROGRESS OF LEARNING UNDERGRADUATE STUDENTS IN MICROBIOLOGY



Lara Nardi BARONIⁱ
e-mail: laranardibaroni@gmail.com

Rafaela Barberis CANJANIⁱⁱ
e-mail: rafaelabc@usp.br

Samantha Carvalho Maia BRITOⁱⁱⁱ
e-mail: sammy.maiabrito@gmail.com

Barbara Rodrigues Cintra ARMELLINI^{iv}
e-mail: barbara.armellini@usp.br

Bruna Sayuri Cardoso OGUSKU^v
e-mail: bruna.ogusku@usp.br

Robson Francisco de SOUZA^{vi}
e-mail: rfsouza@usp.br

Ana Carolina Ramos MORENO^{vii}
e-mail: ana.moreno@fundacaobutantan.org.br

Rita de Cássia Café FERREIRA^{viii}
e-mail: ritacafe@usp.br

Como referenciar este artigo:

BARONI, L. N.; CANJANI, R. B.; BRITO, S. C. M.; ARMELLINI, B. R. C.; OGUSKU, B. S. C.; SOUZA, R. F.; MORENO, A. C. R.; FERREIRA, R. C. C. *Escherichia coli* como modelo de avaliação do progresso de aprendizagem dos estudantes de graduação em microbiologia. **Revista on line de Política e Gestão Educacional**, Araraquara, v. 28, n. 00, e023022, 2024. e-ISSN: 1519-9029. DOI: <https://doi.org/10.22633/rpge.v28i00.19569>



| **Submetido em:** 10/04/2024
| **Revisões requeridas em:** 07/05/2024
| **Aprovado em:** 27/06/2024
| **Publicado em:** 19/08/2024

RESUMO: Com o propósito de avaliar o progresso dos alunos de graduação do curso de Ciências Biomédicas da USP, empregamos a metodologia “Adote uma Bactéria”, na disciplina de bacteriologia. Com esse objetivo, focamos na espécie *Escherichia coli* como modelo para explorar conceitos fundamentais na genética, morfologia e patogênese bacteriana. Com intuito de validar a metodologia ativa, buscou-se levantar métricas inerentes a riqueza do discurso e complexidade de informações geradas pelos alunos em troca de informações postadas em rede social ao longo de 2022 e 2023. As análises foram feitas por meio da determinação dos índices de Shannon e linguagem Python. Os resultados demonstraram que as postagens sobre as três temáticas foram complexas e demonstram um aumento da riqueza dos discursos empregadas pelos alunos. Conclui-se que a estratégia de ensino calcada na metodologia ampliou o repertório de conceitos e a complexidade de discurso com o engajamento e interesse dos alunos pela microbiologia.

PALAVRAS-CHAVE: *Escherichia coli*. EIEC. Patogenicidade. Ensino. Metodologia ativa de ensino.

RESUMEN: *Con el objetivo de evaluar el progreso de los estudiantes de pregrado en la carrera de Ciencias Biomédicas de la USP, utilizamos la metodología “Adopta una Bacteria” en la asignatura de Bacteriología. Nos centramos en la especie Escherichia coli como modelo para explorar conceptos fundamentales en genética, morfología y patogénesis bacteriana. Para validar esta metodología activa, recolectamos métricas relacionadas con la riqueza y la complejidad del discurso generado por los estudiantes a través de sus publicaciones en redes sociales durante 2022 y 2023. Los análisis se realizaron mediante la determinación de índices de Shannon y el uso del lenguaje Python. Los resultados mostraron que las publicaciones sobre los tres temas fueron complejas y evidenciaron un aumento en la riqueza de los discursos de los estudiantes. Se concluye que la estrategia de enseñanza basada en esta metodología amplió el repertorio de conceptos y la complejidad del discurso, promoviendo un mayor compromiso e interés de los estudiantes por la microbiología.*

PALABRAS CLAVE: *Escherichia coli*. EIEC. Patogenicidad. Docencia. Metodología de enseñanza activa.

ABSTRACT: *To assess the progress of undergraduate students in the Biomedical Sciences course at USP, we implemented the "Adopt a Bacteria" methodology within the bacteriology course. We focused on Escherichia coli as a model to explore fundamental concepts in bacterial genetics, morphology, and pathogenesis. To validate this active learning approach, we collected metrics related to the richness and complexity of the discourse generated by students through their social media posts during 2022 and 2023. We analyzed these metrics using Shannon indices and Python. The results indicated that the posts on the three topics were complex and showed an increase in the richness of the students' discourses. It is concluded that this teaching strategy, based on the methodology, enhanced the repertoire of concepts and the complexity of discourse, reflecting increased student engagement and interest in microbiology.*

KEYWORDS: *Escherichia coli*. EIEC. Pathogenicity. Teaching. Active teaching methodology.

Introdução

O conteúdo de microbiologia está integrado tanto nos currículos de educação secundária quanto superior, geralmente segmentado em disciplinas dedicadas a vírus, bactérias e fungos (Armellini, 2021). Na educação superior, os alunos aprofundam-se na patogenicidade, nos mecanismos de sobrevivência e nas estruturas celulares dos microrganismos. Contudo, a complexidade desses conceitos pode representar desafios, complicando o processo de aprendizagem. Diante desses obstáculos, é imperativo que os educadores de microbiologia desenvolvam e empreguem métodos que facilitem a assimilação do conteúdo, utilizando abordagens envolventes e inovadoras (Da Silva; Colombo, 2019).

No entanto, muitos professores dessa área frequentemente persistem em métodos tradicionais de memorização, dificultando o desenvolvimento das habilidades criativas e de pensamento crítico dos alunos, essenciais para a investigação científica (Merkel, 2016; Piantola *et al.*, 2018). Além disso, a dependência de métodos de ensino convencionais, juntamente com a terminologia científica densa, frequentemente resulta em desinteresse dos alunos (Freeman *et al.*, 2014; Piantola *et al.*, 2018), levando à falta de motivação para entender conceitos básicos de microbiologia e à dificuldade para reter informações (Piantola *et al.*, 2018). Embora metodologias de ensino híbridas sejam ocasionalmente incorporadas em microbiologia para proporcionar experiências de aprendizagem mais imersivas (Torrissi-Steele; Drew, 2013), a adoção generalizada dessas abordagens ainda é limitada.

Em resposta a esses desafios, o projeto *#Adopt* foi concebido em 2013 como uma abordagem inovadora de ensino voltada para a aprendizagem de microbiologia para alunos de educação secundária e superior, facilitando o compartilhamento de informações por meio de plataformas digitais. Esta iniciativa expande as interfaces de comunicação dos estudantes, promovendo práticas que despertam o interesse pelo assunto e cultivam uma mentalidade de “aprender a aprender” (Armellini 2021; Moreno *et al.*, 2023; Piantola *et al.*, 2018; Taschner *et al.*, 2020). Além disso, a eficácia do projeto na promoção da aprendizagem dos alunos tem permanecido evidente, especialmente em meio à pandemia da COVID-19 e às mudanças subsequentes nos paradigmas educacionais (Armellini ,2021).

O projeto “*Adote uma Bactéria*” utiliza plataformas digitais, como Instagram®, para capacitar os discentes como participantes ativos no aprendizado sobre bactérias, facilitando seu envolvimento e ajudando na retenção dos conceitos fundamentais de bacteriologia (Piantola *et al.*, 2018). Entre esses conceitos está a patogenicidade, que é integral à

microbiologia e investiga microrganismos patogênicos capazes de causar doenças e seus mecanismos de virulência (Levinson, 2016).

A *Escherichia coli*, uma bactéria Gram-negativa, abrange diversas cepas caracterizadas por traços biológicos e sorológicos variados, fatores de virulência e manifestações clínicas. Cada grupo de cepas possui modos de ação distintos e características associadas à virulência. Algumas cepas apresentam fatores de virulência específicos que permitem o início de doenças entéricas, contribuindo assim para a classificação dos patótipos dentro desta espécie (De Souza Moreira; Azola; Gouvêa, 2018). Notavelmente, *E. coli* apresenta fatores de virulência, como cápsulas, endotoxinas, pili e exotoxinas, capazes de induzir condições como diarreia sanguinolenta ou aquosa, síndrome hemolítico-urêmica e outros espectros de doenças sistêmicas (Levinson, 2016).

Baseando-se nesta fundamentação, o presente estudo tem como objetivo analisar os resultados observados nas turmas de 2022 e 2023 do projeto “*Adote uma Bactéria*”, com foco particular na adoção de *Escherichia coli* e sua correlação com os temas de morfologia, genética e patogenicidade bacteriana. Esta investigação destaca a integração de metodologias de pesquisa e ensino em microbiologia, utilizando a linguagem Python para validar os resultados de aprendizagem dentro do programa de graduação em Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (USP).

Metodologia

O projeto “Adote uma Bactéria”: Análise de nuvens de palavras referentes a postagens sobre *Escherichia coli*

A metodologia empregada no projeto “Adote uma Bactéria” envolve o uso de plataformas de redes sociais, como Facebook® e Instagram®, como ferramentas integradas para ensino e pesquisa, complementadas por sessões práticas realizadas em laboratórios de ensino. Para cada sessão, é criado um grupo privado em uma das plataformas, garantindo acesso restrito exclusivamente aos membros matriculados e ao conteúdo postado por eles (Botte *et al.*, 2014; Legaree, 2014). Essas sessões são organizadas em grupos correspondentes aos gêneros bacterianos em estudo, com cada grupo supervisionado por estudantes de pós-graduação e/ou graduação que atuam como mediadores (Piantola *et al.*, 2018).

Os mediadores desempenham um papel crucial na facilitação da jornada de aprendizagem dos alunos, orientando-os no processo de construção de novos conceitos e

direcionando a natureza de suas postagens. Suas responsabilidades incluem diagnosticar erros conceituais, esclarecer dúvidas e sugerir tópicos pertinentes aos temas gerais. Além disso, os mediadores fornecem feedback rápido aos alunos sobre suas postagens e oferecem suporte ao professor na resolução de quaisquer preocupações levantadas. À medida que o período de postagem se encerra, os mediadores auxiliam os estudantes na síntese das informações principais postadas, que formam uma parte integral da apresentação final (Taschner *et al.*, 2020). Esta metodologia foi implementada durante as sessões de 2022 e 2023 do curso de Bacteriologia oferecido a 90 alunos de graduação do curso de Ciências Biomédicas do Instituto de Ciências Biomédicas da USP, possibilitando a avaliação das postagens dos alunos e a análise do conteúdo relacionado à patogenicidade de *Escherichia coli*, entre outros assuntos abordados pela disciplina. Os alunos matriculados no curso participaram da geração de postagens relacionadas a esse assunto.

A análise das palavras-chave das postagens selecionadas foi utilizada para construir nuvens de palavras, seguida pela avaliação dos dados por meio do Índice de Diversidade de Shannon. Essa avaliação visou determinar a diversidade e riqueza do discurso nas postagens que discutem a patogenicidade durante os anos especificados. Para examinar as publicações compartilhadas na iniciativa “Adote uma Bactéria”, foi utilizado o site *Word Cloud Generator* (jasondavies.com/wordcloud/).

O Índice de Diversidade de Shannon

O Índice de Diversidade de Shannon (H') (Shannon, 1948) não é comumente aplicado em ambientes educacionais; no entanto, permite a avaliação da diversidade média do discurso (Armellini, 2021). Para avaliar essa diversidade, foram analisadas postagens de cada ano do projeto “Adote uma Bactéria” com foco em *Escherichia coli*. Para essa avaliação, foram selecionadas palavras específicas relacionadas à morfologia, genética e patogenicidade. Os termos relacionados à morfologia incluíram: membrana plasmática, membrana externa, peptidoglicano, forma da célula, cápsula, fimbria, pili, flagelos, Gram-negativo, arranjo, parede celular e lipopolissacarídeos. Os termos relacionados à genética abrangeram: DNA, recombinação, transferência lateral, plasmídeo, genoma, gene, conjugação, transdução, transformação, fago, operon, duplicação, mutação, genótipo, transcrição e pares de bases. Os termos relacionados à patogenicidade compreenderam: patótipos de *E. coli*, fatores de virulência, biofilme, toxina, sorotipagem, cápsula, fimbria, pili, membrana externa, evasão e

sistema de secreção. Em seguida, foi contabilizada a frequência absoluta de aparição de cada palavra nas postagens de cada ano.

Finalmente, aplicou-se a fórmula do Índice de Shannon para determinar a riqueza do discurso para cada ano, utilizando a fórmula abaixo, onde p_k representa a frequência de aparição de cada palavra descrita acima no conjunto total de postagens e K representa o número total de palavras utilizadas por ano no conjunto total de postagens.

$$H = - \sum_{k=1}^K p_k \ln(p_k)$$

Para aplicar o Índice de Shannon em um contexto educacional, os dados coletados devem ser categorizados em domínios do conhecimento, o que possibilita a medição das frequências em discursos escritos ou falados pelos alunos. Tal abordagem é viável devido ao estabelecimento de uma equivalência entre as palavras selecionadas e o conceito de “equivalência de espécies”, pelo qual as frequências dessas palavras correspondem às ocorrências de “aparições de espécies” em um determinado contexto (Armellini, 2021).

Gráficos da Contagem de Palavras

Durante dois anos consecutivos, o conteúdo das postagens foi inspecionado, e a presença de palavras relacionadas a conceitos de bacteriologia foi registrada. A frequência dessas palavras foi utilizada para quantificar o aprendizado sobre os seguintes aspectos da biologia do microrganismo-alvo: genética, morfologia, patótipo e patogenicidade. Essas quatro categorias foram denominadas “tipos” na tabela de dados principal. O tipo genético refere-se ao modo como esses microrganismos se reproduzem e foi subdividido em 16 categorias. A morfologia aborda a presença ou ausência de estruturas encontradas nas bactérias, correspondendo a 12 categorias diferentes. Os patótipos referem-se às variações patogênicas, ou seja, as variedades de uma espécie de bactéria que apresentam características semelhantes, e foram divididos em 11 categorias. Finalmente, o tipo de patogenicidade refere-se à forma como os microrganismos patogênicos infectam outros organismos, estando essa classe dividida em 12 categorias.

A visualização da frequência das categorias em cada tipo foi apresentada por meio de gráficos de barras empilhadas, construídos utilizando a linguagem Python e as bibliotecas de manipulação e visualização de dados Pandas, Matplotlib, NetworkX e Seaborn. A

comparação direta dos gráficos dos anos consecutivos permitiu observar as variações na frequência das palavras de cada categoria, com exceção do tipo patótipo.

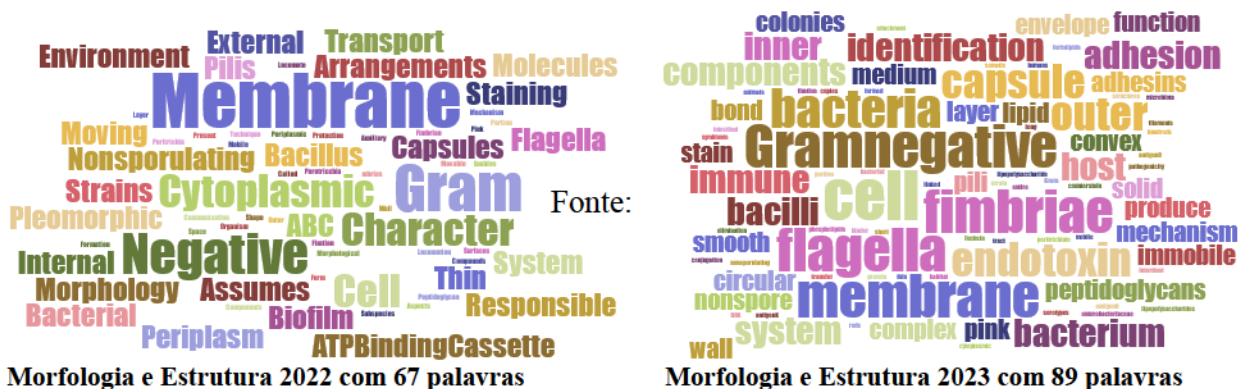
Resultados

Análise de conteúdo das postagens sobre *E. coli* no “Adote uma Bactéria”

Em 2022 e 2023, o projeto “Adote uma Bactéria” foi realizado através da plataforma Instagram®, onde os alunos criaram postagens sobre diversos temas sob a supervisão e orientação de mediadores. Durante esses anos, os estudantes foram organizados em grupos e encarregados de elaborar três publicações abordando uma gama de tópicos, incluindo morfologia e estrutura, genética, crescimento e metabolismo, patogenicidade, e mecanismos de ação e resistência a antibióticos. Essa tarefa exigiu a integração de múltiplos temas em cada postagem.

A análise da riqueza do discurso, com base nas nuvens de palavras geradas pelos alunos que selecionaram *E. coli* como tema de estudo, revelou resultados satisfatórios em relação à morfologia e estrutura bacteriana nos anos de 2022 e 2023. Termos como “membrana” e “Gram-negativo” foram destacados (Figura 1). Em 2022, a ênfase foi na morfologia e nas estruturas de *E. coli*, incluindo termos como “lipídio A”, “polissacarídeo” ou “antígeno O”, “fímbrias” e “arranjos”. Em 2023, foram predominantemente destacados termos relacionados a estruturas adicionais essenciais de *E. coli*, como “cápsula”, “pili”, “fímbrias”, “flagelo” e “peptidoglicano”.

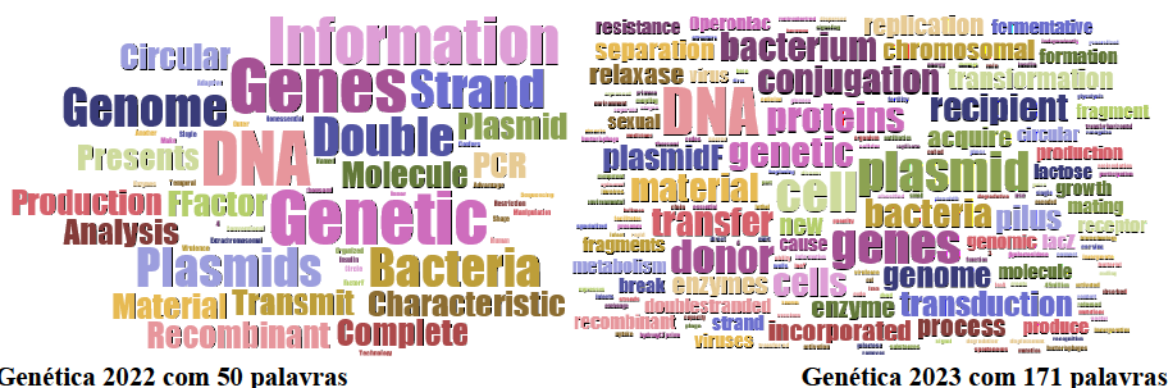
Figura 1 – Nuvens de palavras relacionadas à morfologia e estrutura celular de *E. coli* nas postagens durante o projeto “Adote uma Bactéria” em 2022 e 2023. A imagem (A) representa a nuvem de palavras de 2022, enquanto a imagem (B) representa a nuvem de palavras de 2023. O tamanho das palavras é proporcional ao número de vezes que foram mencionadas pelos alunos nas postagens do Instagram®



Elaboração dos autores (2023).

Os resultados referentes ao tema genética também foram considerados positivos. Em 2022 e 2023, observou-se uma ênfase notável em termos como “gene”, “genoma”, “DNA”, “material genético” e “plasmídeo” (Figura 2). Em 2023, destacou-se um aumento no número de termos relacionados à recombinação genética, exemplificados pelos termos “conjugação” e “transformação”.

Figura 2 – Nuvens de palavras sobre genética de *E. coli* nas postagens durante o projeto “Adote uma Bactéria” em 2022 e 2023. A imagem (A) representa a nuvem de palavras de 2022, enquanto a imagem (B) representa a nuvem de palavras de 2023. O tamanho das palavras é proporcional ao número de vezes mencionadas pelos alunos nas postagens do Instagram®



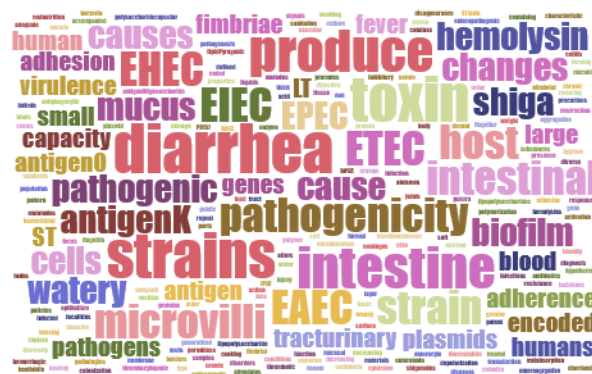
Fonte: Elaboração dos autores (2023).

As postagens focadas em temas de patogenicidade foram consideradas satisfatórias, com base no número de termos utilizados (183 em 2022 e 240 em 2023) durante o período analisado, conforme indicado pelas discussões dos alunos em cada ano. O aumento da complexidade e diversidade de palavras nesse domínio sugere um maior engajamento dos estudantes com esses temas. Nas nuvens de palavras que representam a patogenicidade, observa-se que os discentes se referiram a diversos fatores de virulência e patótipos de *E. coli*, conforme destacado na Figura 3.

Figura 3 – Nuvens de palavras sobre patogenicidade de *E. coli* nas postagens durante o projeto “Adote uma Bactéria” em 2022 e 2023. A imagem (A) representa a nuvem de palavras de 2022, enquanto a imagem (B) representa a nuvem de palavras de 2023. O tamanho das palavras é proporcional ao número de vezes que foram mencionadas pelos alunos nas postagens do Instagram®



Patogenicidade 2022 com 183 palavras



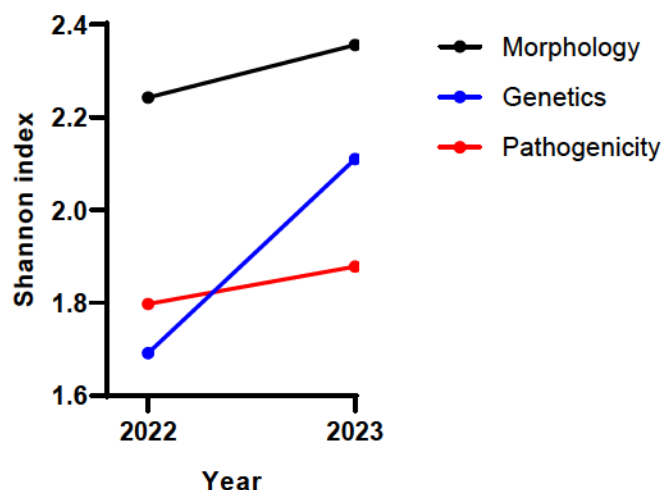
Patogenicidade 2023 com 240 palavras

Fonte: Elaboração dos autores (2023).

Após a análise das nuvens de palavras, o índice de Shannon foi calculado para comparar os termos significativos que descrevem a morfologia, genética e patogenicidade de *E. coli*, com o objetivo de determinar qual ano apresentou maior riqueza de discurso. Na análise da morfologia, observou-se uma tendência de crescimento entre 2022 e 2023. Especificamente, o valor do índice de Shannon aumentou de 2,24 em 2022 para 2,35 em 2023 (Gráfico 1).

De forma semelhante, houve um ligeiro aumento na genética entre os dois anos, com o índice de Shannon subindo de 1,7 em 2022 para 2,1 em 2023 (Gráfico 1). Da mesma forma, um padrão comparável de crescimento do discurso foi observado no tema da patogenicidade, com o índice de Shannon passando de 1,79 em 2022 para 1,88 em 2023 (Gráfico 1). Esse fenômeno pode ser atribuído à retomada das aulas presenciais em 2022, após dois anos de ensino on-line devido à pandemia da COVID-19, o que levou a uma interrupção das rotinas de aprendizagem estabelecidas. A recuperação subsequente em 2023 reflete a adaptação dos estudantes ao ensino presencial.

Gráfico 1 – Valores do índice de Shannon relacionados à morfologia, genética e patogenicidade de *E. coli* para os anos de 2022 e 2023. Os valores foram calculados com base na frequência absoluta dos termos, que corresponde à soma das frequências das onze palavras individuais, e, a partir disso, o índice de Shannon foi determinado por ano



Fonte: Elaboração dos autores (2023).

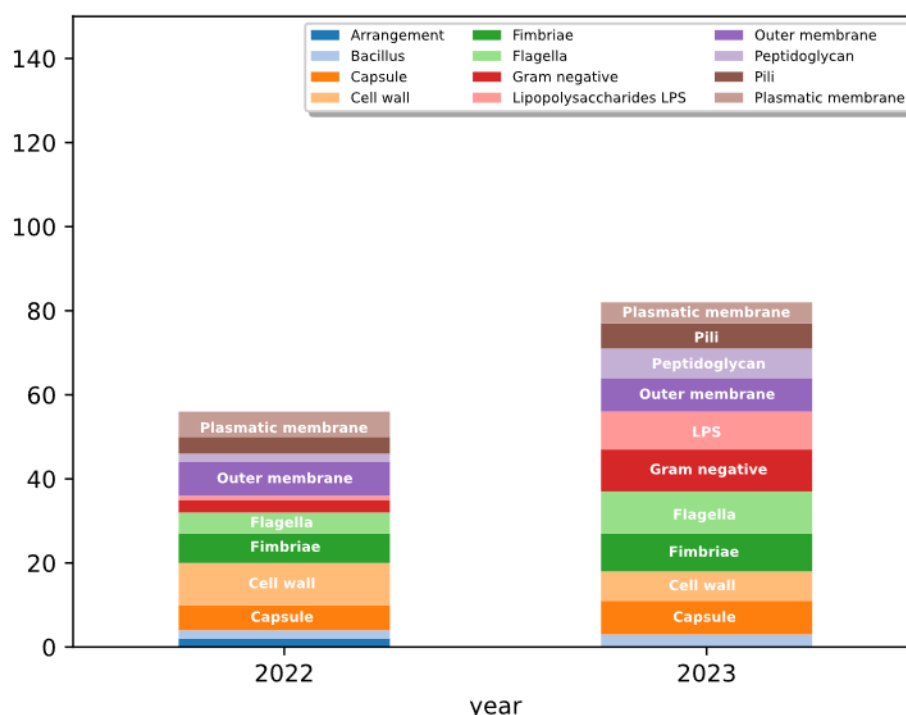
Para complementar a análise da riqueza de discurso realizada para os anos de 2022 e 2023, utilizando o índice de Shannon sobre os tópicos de morfologia, genética e patogenicidade, foi gerada uma visualização direta das mudanças na frequência das palavras, por meio de bibliotecas de visualização de dados disponíveis na linguagem Python. Um script desenvolvido internamente em Python foi utilizado para gerar os gráficos apresentados nos Gráficos 2, 3 e 4, os quais destacam as palavras mais frequentemente utilizadas para cada tema em cada um dos anos analisados.

A análise referente ao tópico de morfologia revelou que algumas palavras mantiveram frequências semelhantes em ambos os anos, como “membrana externa” e “membrana plasmática”. Em 2022, a palavra mais frequente foi “parede celular”, enquanto em 2023, termos como “fimbrias”, “flagelo”, “LPS”, “Gram-negativo” e “pili” se destacaram como os mais utilizados (Gráfico 2).

No campo da genética, observou-se que, em 2022, três palavras se sobressaíram: “DNA”, “plasmídeo” e “gene”, embora essas palavras tenham apresentado frequências mais elevadas em 2023. Além disso, em 2023, seis palavras adicionais ganharam destaque no gráfico: “conjugação”, “mutação”, “transferência lateral”, “genoma”, “operon” e “transdução”, sendo que “conjugação”, “mutação” e “transdução” se mostraram

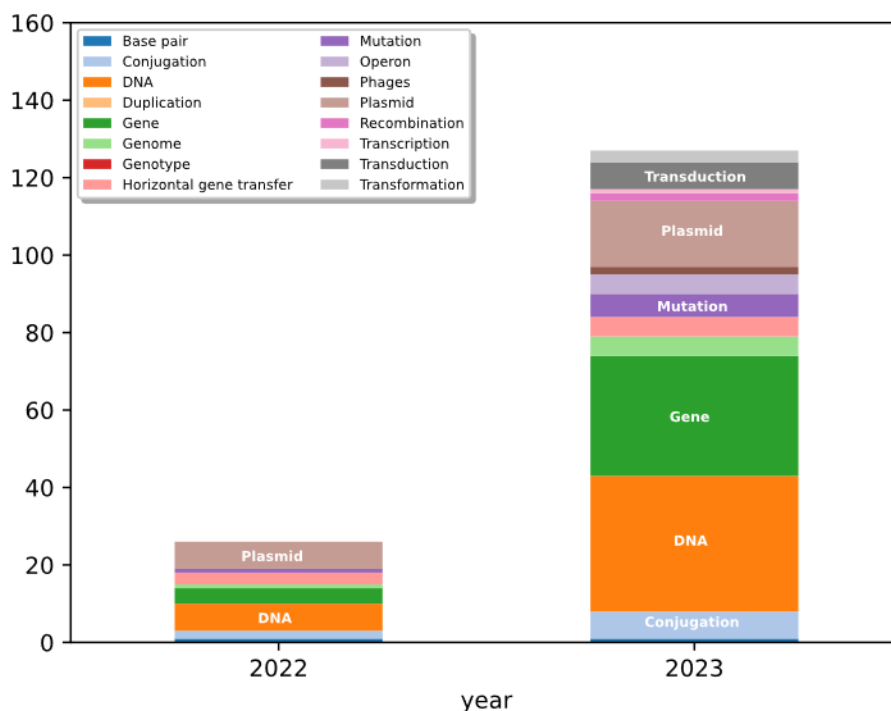
particularmente proeminentes (Gráfico 3). Esse resultado está em consonância com as descobertas obtidas pelo índice de diversidade de Shannon, evidenciando um aumento no número de palavras utilizadas em 2023 em comparação a 2022. Embora três palavras tenham se destacado em 2022, elas exibiram frequências menores em relação a 2023.

Gráfico 2 – Gráficos de barras empilhadas representando a frequência dos termos relacionados à morfologia utilizados pelo grupo de *E. coli* nos anos de 2022 e 2023. Em cada ano, as frequências das palavras pertencentes a doze categorias foram registradas e são ilustradas pela altura de cada camada colorida nas barras



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

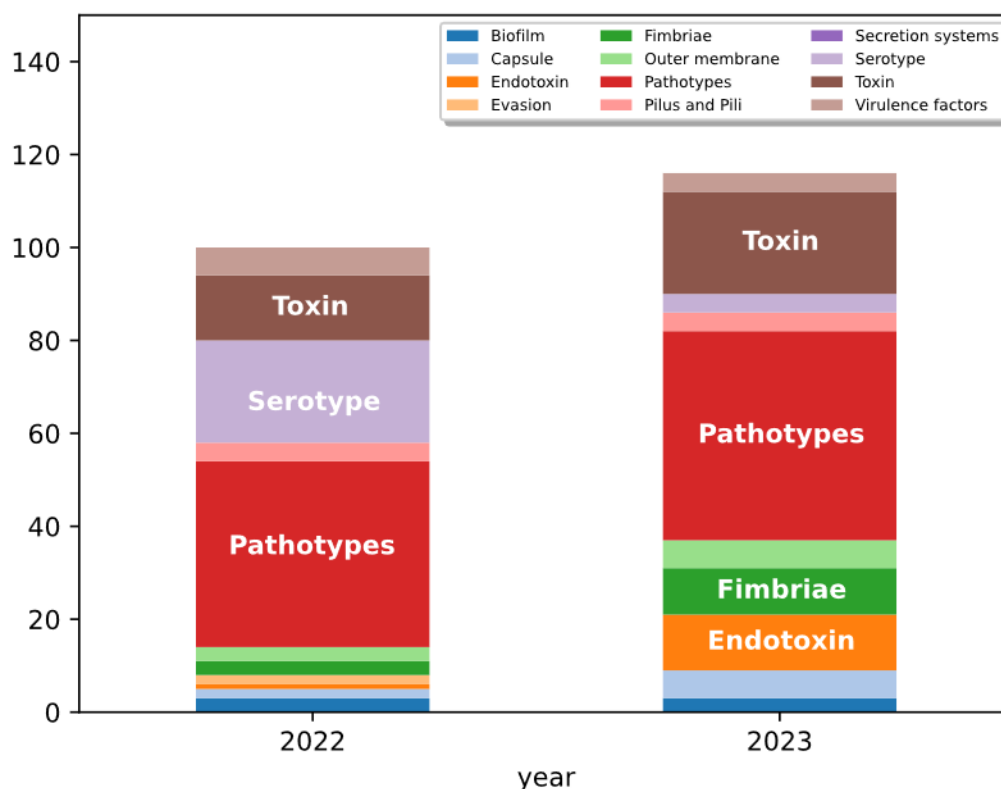
Gráfico 3 – Gráfico de barras empilhadas representando o uso de termos relacionados à genética pelo grupo de *E. coli* nos anos de 2022 e 2023. A altura de cada uma das dezesseis camadas coloridas corresponde à frequência das palavras registradas para cada categoria, conforme indicado na legenda (localizada no canto superior direito)



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

No que se refere ao tema da patogenicidade, observou-se que o termo mais frequentemente utilizado em 2022 e 2023 foi “patótipo”. Em 2022, o termo predominante foi “sorotipo”, enquanto em 2023, as palavras “fimbria”, “endotoxina” e “toxina” surgiram como as mais frequentemente usadas (Gráfico 4). Conforme ilustrado no gráfico de Shannon (Gráfico 1), a riqueza discursiva relativa à patogenicidade foi significativamente maior em 2023, com um incremento de 0,08. Esse aumento é ainda corroborado por outro gráfico, que apresenta o número de palavras destacadas em cada ano. Nesse gráfico, evidencia-se que 2023 apresentou três palavras de maior relevância em comparação a 2022, destacando a importância da utilização dessa metodologia e sua validação pelo índice de Shannon.

Gráfico 4 – Gráfico de barras empilhadas representando o uso de palavras na categoria “patogenicidade” pelo grupo de E. coli em 2022 e 2023



Fonte: Elaboração dos autores (2024).

Discussão

Para avaliar a riqueza do discurso sobre patogenicidade entre os alunos nos anos de 2022 e 2023, foi realizado o cálculo do Índice de Shannon em nuvens de palavras compartilhadas nas redes sociais. A análise revelou um aumento progressivo na riqueza discursiva relacionada à morfologia ao longo desses anos, alcançando o pico em 2023. Observou-se uma trajetória ascendente semelhante em genética e patogenicidade, com 2023 demonstrando uma maior diversidade discursiva em comparação a 2022. Esta tendência pode ser atribuída à interrupção na rotina de estudos causada pela transição de volta às aulas presenciais após a pandemia da COVID-19.

Esses resultados destacam a relevância do Índice de Shannon como uma ferramenta valiosa para avaliar a consolidação da aprendizagem. Embora tradicionalmente utilizado em estudos focados na determinação da diversidade dentro da composição do microbioma, sua aplicação na avaliação dos resultados de aprendizagem mostra-se igualmente eficaz

(Rodrigues Hoffmann *et al.*, 2014). O estudo demonstra que aplicar o Índice de Shannon a postagens criadas por alunos de graduação é um método eficaz para quantificar a riqueza do discurso e, conseqüentemente, melhorar a consolidação da aprendizagem em microbiologia, como já publicado anteriormente pelo grupo de pesquisa (Armellini, 2021). É importante notar que, em 2021, a pandemia da COVID-19 influenciou significativamente o cenário educacional na USP, levando à transição para o ensino remoto em todos os cursos, incluindo Bacteriologia. A riqueza comparativamente menor do discurso dos alunos em 2022 pode refletir a interrupção na rotina de estudos estabelecida nos anos anteriores, caracterizada por modelos de ensino remoto.

Complementando o Índice de Diversidade de Shannon, gráficos de frequência de palavras no formato de barras foram utilizados para visualizar a frequência das palavras empregadas na expressão de conceitos nos tópicos de morfologia, genética e patogenicidade de *E. coli* nos anos de 2022 e 2023. Essa abordagem foi particularmente útil para identificar conteúdos dentro desses tópicos que necessitavam de discussões mais abrangentes em sala de aula. Adicionalmente, o gráfico gerado pela linguagem Python complementa os dados obtidos pelo Índice de Diversidade de Shannon em relação aos tópicos mencionados neste estudo. Observou-se que, quanto maior o aumento na riqueza do discurso nos anos analisados, maior o número de palavras destacadas nos gráficos gerados pelo Python.

Considerações finais

O estudo avançou na proposta de utilizar redes sociais como uma ferramenta auxiliar para melhorar o processo de aprendizagem e aumentar o interesse dos alunos de graduação em microbiologia. O relatório demonstrou que a metodologia “Adote uma Bactéria” promoveu um aumento na complexidade dos discursos, utilizando uma única espécie bacteriana (*E. coli*) como modelo para estudar tópicos relacionados a diferentes aspectos, como patogenicidade, morfologia e genética. Os resultados finais destacam a relevância da aplicação de metodologias ativas no processo de aprendizagem e o potencial para aumentar o interesse dos alunos em microbiologia, com a possibilidade de aplicação em diferentes disciplinas e áreas do conhecimento.

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 Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.
- BOTTE, D. A. C.; SOUZA, R. D.; PIANTOLA, M. A. F.; ALVES, R. P. S.; FRANÇOSO, O. A. J.; FERREIRA, R. C. C. Microbiologia no ensino superior: “Adote uma bactéria” (e o Facebook). **Microbiol. Foco**, [S. l.], v. 23, n. 5, p. 5-9, 2014.
- DA SILVA, S. F., COLOMBO, A. V. Jogos: Uma Proposta Pedagógica no ensino da Microbiologia para o Ensino Superior. **Revista de Psicologia**, Vale do São Francisco, v. 13, n. 45, p. 110-123, 2019.
- DE SOUZA MOREIRA, B., AZOLA, J. D. S. M., GOUVÊA, C. M. C. P. Marcadores moleculares para identificação e caracterização do potencial patogênico de *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*. **SaBios - Revista de Saúde e Biologia**, Alfenas, v. 13, n. 1, p. 41-52, 2018.
- FREEMAN, S.; EDDY, S. L.; MCDONOUGH, M.; SMITH, M. K.; OKOROAFOR, N., JORDT, H.; WENDEROTH, M. P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the national academy of sciences**, [S. l.], v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014.
- LEGAREE, B. A. Using Facebook to engage microbiology students outside of class time. **Journal of microbiology & biology education**, Fort McMurray, v. 15, n. 2, p. 301, 2014.
- LEVINSON, W. **Microbiologia médica e imunologia**. São Francisco, California: Editora McGraw Hill Education Brasil, 2016.
- MERKEL, S. M. American Society for Microbiology resources in support of an evidence-based approach to teaching microbiology. **FEMS microbiology letters**, [S. l.], v. 363, n. 16, p. fnw172, 2016.
- MORENO, A. C. R.; PASTERNAK TASCHNER, N.; PIANTOLA, M. A. F.; ARMELLINI, B. R. C.; LELLIS-SANTOS, C.; FERREIRA, R. D. C. C. Real Lab Day: undergraduate scientific hands-on activity as an authentic learning opportunity in microbiology education. **FEMS Microbiology Letters**, São Paulo, v. 370, p. fnad062, 2023.
- PIANTOLA, M. A. F.; MORENO, A. C. R.; MATIELO, H. A.; TASCHNER, N. P.; CAVALCANTE, R. C. M.; KHAN, S.; FERREIRA, R. D. C. C. Adopt a Bacterium—an active and collaborative learning experience in microbiology based on social media. **Brazilian journal of microbiology**, São Paulo, v. 49, p. 942-948, 2018.
- RODRIGUES HOFFMANN, A.; PATTERSON, A. P.; DIESEL, A.; LAWHON, S. D.; LY, H. J.; STEPHENSON, C. E.; MANSELL, J.; STEINER, J. M.; DOND, S. E.; SUCHODOLSKI, J. S. The skin microbiome in healthy and allergic dogs. **PloS one**, [S. l.], v. 9, n. 1, e83197, 2014.

SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. **The Bell system technical journal**, [S. l.], v. 27, n. 3, p. 379-423, 1948.

TASCHNER, N, P, DE ALMEIDA, L. G., POSE, R. A., FERREIRA, R. Adopt a Bacterium: a professional development opportunity for teacher assistants. **FEMS Microbiology Letters**, São Paulo, v. 367, n. 16, 2020.

TORRISSI-STEEL, G.; DREW, S. The literature landscape of blended learning in higher education: The need for better understanding of academic blended practice. **International journal for academic development**, [S. l.], v. 18, n. 4, p. 371-383, 2013.

CRedit Author Statement

- Reconhecimentos:** Gostaria de expressar minha gratidão aos alunos dos cursos de Ciências Biomédicas e Ciências da Saúde Fundamental da USP pela participação na pesquisa através do Projeto #Adote. Também desejo agradecer a Eduardo Gimenes pelo seu inestimável apoio técnico.
 - Financiamento:** Sim, CAPES, CNPq 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:** Dados e materiais serão disponibilizados após a publicação do artigo.
 - Contribuições dos autores:** 1º Conduziu a análise de nuvem de palavras e Shannon, e redigiu o manuscrito; 2º Criou os gráficos utilizando Python; 3º e 4º Auxiliou nas análises de Shannon e nuvem de palavras; 5º Contribuiu para o desenvolvimento dos gráficos utilizando Python; 6º Desenvolveu parte do código para a geração dos gráficos baseados em Python; 7º Auxiliou na criação do índice de Shannon e no gráfico de diversidade; 8º Ministrou as disciplinas avaliadas no estudo, 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.



-
- ⁱ Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo – SP – Brasil. Estudante de Mestrado do Instituto de Ciências Biomédicas (ICB).
- ⁱⁱ Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo – SP – Brasil. Estudante de Mestrado do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Bioinformática (PPGIB) / Instituto de Ciências Biomédicas (ICB).
- ⁱⁱⁱ Instituto de Ciências Biomédicas (ICB), da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo – SP – Brasil. Estudante graduada em biomedicina no Instituto de Ciências Biomédicas (ICB).
- ^{iv} Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo – SP – Brasil. Estudante de Doutorado do Instituto de Ciências Biomédicas (ICB).
- ^v Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo – SP – Brasil. Estudante de Mestrado do Instituto de Ciências Biomédicas (ICB).
- ^{vi} Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo – SP – Brasil. Professor associado do departamento de Microbiologia, ICB.
- ^{vii} Instituto Butantan (IB), São Paulo – SP – Brasil. Pesquisadora Científica do Laboratório de Desenvolvimento de Vacinas do Centro de Biotecnologia (LDV).
- ^{viii} Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo – SP – Brasil. Professor associado do departamento de Microbiologia, ICB.