
METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO MÉDIO: UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS E MODELOS DIDÁTICOS INTERATIVOS NA AULA DE BIOLOGIA MOLECULAR

ACTIVE METHODOLOGIES IN HIGH SCHOOL: USE OF TECHNOLOGIES AND INTERACTIVE DIDACTIC MODELS IN MOLECULAR BIOLOGY CLASS

Submissão:
16/10/2025
Aceite:
02/12/2025

Keila Adriana Magalhães Ferreira ¹  <https://orcid.org/0000-0001-8594-3945>
Neliane Cristina Moreira ²  <https://orcid.org/0000-0002-9211-7008>
Cláudia Almeida Oliveira Murta ³  <https://orcid.org/0000-0002-2735-2255>
Elaine Cristina Bento Oliveira ⁴  <https://orcid.org/0000-0002-8583-0374>
Ingrid de Oliveira Marques ⁵  <https://orcid.org/0009-0003-5352-457X>
André Luiz Pedrosa ⁶  <https://orcid.org/0000-0001-8682-813X>

Resumo

As inovações tecnológicas revolucionaram o mundo atual com resultados surpreendentes. Difundir ciência e tecnologia entre os estudantes de escolas públicas no Brasil significa incentivar futuros mentores em processos inovadores, especialmente na área da saúde. Este artigo apresenta os resultados obtidos em duas edições do projeto de extensão “Inovação e tecnologia: a Biologia Molecular (BM) a serviço da saúde e dentro da escola”. A abordagem metodológica permitiu aos alunos do ensino médio explorar a aplicabilidade da BM em prol da saúde humana. Foram utilizadas diferentes estratégias envolvendo metodologias ativas, como os modelos didáticos interativos, a gamificação e as estações interativas com as técnicas e tecnologias da BM. As diferentes abordagens metodológicas envolveram e motivaram os alunos em uma atividade significativa, reforçando a importância dos conhecimentos científicos e tecnológicos para a resolução de problemas cotidianos. Além disso, exploraram conceitos complexos e abstratos a partir das experiências vivenciadas.

Palavras-chave: biologia molecular; tecnologia; coronavírus; metodologias ativas; ensino médio.

¹ Docente do Centro de Educação Profissional (Cefores) da Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM keila.ferreira@uftm.edu.br

² Docente do Centro de Educação Profissional (Cefores) da Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM neliane.moreira@uftm.edu.br

³ Docente do Centro de Educação Profissional (Cefores) da Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM claudia.murta@uftm.edu.br

⁴ Docente do Centro de Educação Profissional (Cefores) da Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM elaine.oliveira@uftm.edu.br

⁵ Técnica em Análises Clínicas pelo Centro de Educação Profissional (Cefores) - Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM ingrid.umarques@gmail.com

⁶ Docente da Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM andre.pedrosa@uftm.edu.br

Abstract

Technological innovations have revolutionized the modern world with surprising results. Spreading science and technology among public school students in Brazil means encouraging future mentors in innovative processes, especially in healthcare. This article reports the results obtained in two editions of the outreach project “Innovation and Technology: Molecular Biology (MB) in healthcare and in schools.” The methodological approach allowed high school students to explore the applicability of MB for human health. Different strategies were used involving active methodologies, such as interactive teaching models, gamification, and interactive stations with MB techniques and technologies. The different methodological approach engaged and motivated students in meaningful activities, reinforcing the importance of scientific and technological knowledge in solving everyday problems. In addition, it explored complex and abstract concepts from the experiences lived.

Keywords: molecular biology; technology; coronavirus; active methodologies; high school.

Introdução

Ciência, tecnologia e inovação são, no cenário contemporâneo, instrumentos fundamentais para o desenvolvimento, crescimento econômico, geração de emprego, renda e democratização de oportunidades. A sociedade moderna está alicerçada em tecnologias que são consequência direta dos avanços científicos (Lorenzetti *et al.*, 2012). De forma notável, podemos citar a Inteligência Artificial, cada vez mais presente em nossas vidas, em equipamentos, ferramentas e aplicações variadas, como celulares, jogos eletrônicos, chatbots, assistentes virtuais e internet *banking* (Barbosa; Bezerra, 2020).

Na área da saúde, o empenho da humanidade no desenvolvimento de ferramentas tecnológicas impacta positivamente no aumento da expectativa de vida dos seres humanos. Como resultado desta empreitada, vivemos atualmente em uma realidade na qual seria inconcebível manter e garantir saúde sem antibióticos, anestésicos, vacinas, próteses, órteses, marcapassos, respiradores, transplantes e exames de diagnóstico, que utilizam tecnologias diversas, como a Biologia Molecular (BM) e o radiodiagnóstico (Lorenzetti *et al.*, 2012). A Inteligência Artificial também está revolucionando essa área, aprimorando diagnósticos, dando suporte à decisão clínica e monitoramento de pacientes, enquanto otimiza a eficiência dos sistemas de saúde (LaBoone; Marques, 2024).

A pesquisa, a ciência, a educação e as diversas tecnologias visam atender às expectativas populacionais que emergem de tempos em tempos e que possuem notória importância social. Um exemplo foi a crise pandêmica causada pelo coronavírus, em que grandes esforços foram empregados no desenvolvimento de novos medicamentos para tratar pacientes e de novas vacinas para prevenir a disseminação da Covid-19, além do desenvolvimento de novos testes diagnósticos, confiáveis, rápidos e de menor custo, garantindo que uma parcela considerável da população pudesse ser testada (Nogueira *et al.*, 2020).

Os testes ou análises para a Covid-19, são baseados em duas grandes metodologias, a BM e a

sorologia. A sorologia detecta os anticorpos circulantes no sangue e que agem contra o vírus, como o IgM e IgG. Entretanto, neste projeto extensionista, o enfoque foram as técnicas moleculares, que detectam de forma mais precoce o material genético de microrganismos: no caso específico da Covid-19, o ácido ribonucleico (RNA) do coronavírus (Paes, 2020; Silva *et al.*, 2020).

As técnicas moleculares, dentre elas a PCR (*Polymerase Chain Reaction* ou Reação em Cadeia da Polimerase) e suas variações, possibilitam um diagnóstico precoce, confiável, sensível e específico, por meio da detecção de genomas virais durante a fase aguda, sendo bastante utilizadas em laboratórios de referência e de pesquisa (Moreli; Costa, 2013; Costa *et al.*, 2021). As técnicas de BM também ganham destaque no ensino de biologia por permitirem uma contextualização com situações do cotidiano dos alunos, especialmente por meio da genética forense.

Essa área, fortemente relacionada à perícia criminal, é amplamente divulgada em seriados de televisão, o que desperta o interesse dos alunos. A genética forense envolve a análise de amostras e vestígios biológicos relacionados com questões judiciais, como testes de paternidade e investigações criminais. Esse contexto possibilita a abordagem de conteúdos importantes, como a estrutura e replicação do DNA, além dos processos de transcrição, tradução e sua regulação (Cardoso *et al.*, 2021).

A tecnologia também é um dos pilares da implementação da nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) nas escolas, devendo ser adicionada à rotina vivenciada na sala de aula (Brasil, 2018). Os conteúdos e as atividades relacionadas devem envolver o uso e o domínio de tecnologias, pois essa é uma das habilidades que compõem o novo currículo escolar, ajudando os alunos a lidarem com os desafios da aprendizagem e da vida.

A aprendizagem deve ser atrativa e englobar as demandas da geração atual de estudantes e ainda promover autonomia dos jovens para que eles direcionem seus estudos de acordo com seus interesses. Nesse contexto, a ciência e a tecnologia tendem a ser encaradas não somente como ferramentas capazes de solucionar problemas, tanto dos indivíduos como da sociedade, mas também como uma abertura para novas visões de mundo (Brasil, 2018).

Além do foco no desenvolvimento de competências e no compromisso com a educação integral, as diretrizes marcantes da BNCC para a área de Ciências da Natureza envolvem (i) o letramento científico da população, (ii) a contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia, (iii) a aproximação dos estudantes aos procedimentos e instrumentos de investigação (iv) e, por fim, o uso de metodologias ativas que garantam o protagonismo dos discentes no enfrentamento de questões sobre consumo, energia, segurança, ambiente e saúde.

O termo “metodologias ativas” tem suas bases conceituais datadas do início do século XX, a partir de reflexões como as do autor John Dewey (2011), fundadas na ideia de que os alunos aprendem por meio da experiência direta e da participação ativa na sua própria educação. De acordo com Gonzales e Dueñas (2017), as metodologias ativas retomam três condições fundamentais para a aprendizagem: (i) o aluno é um participante ativo em sua aprendizagem; (ii) a aprendizagem é social e os alunos aprendem muito mais com a interação entre si do que apenas com a apresentação; por fim, (iii) a aprendizagem deve ser significativa.

O processo de ensino-aprendizagem deve ser realista, viável e complexo, para que o aluno encontre relevância na transferência do conteúdo. Seguindo a linha de raciocínio das autoras citadas (Gonzales; Dueñas, 2017), as metodologias ativas podem promover duas características da aprendizagem: a sociabilidade e a interatividade. Para que uma pessoa aprenda, ela deve interagir com outras pessoas, fomentando e encorajando o diálogo e a troca de ideias. Assim, o uso de tecnologias digitais

de informação e comunicação pode ajudar a gerar comunidades de aprendizagem, facilitando a interação e transcendendo as barreiras do tempo e da distância.

Segundo Moran (2018):

[...] As metodologias ativas, num mundo conectado e digital, expressam-se por meio de modelos de ensino híbridos, com muitas possíveis combinações. A junção de metodologias ativas com modelos flexíveis e híbridos traz contribuições importantes para o desenho de soluções atuais para os aprendizes de hoje (Moran, 2018, p. 4).

Existe uma variedade de metodologias ativas, tais como: sala de aula invertida, aprendizagem ativa, aprendizagem baseada em problemas, mapas mentais, gamificação, entre outras. De acordo com Castro-Filho *et al.* (2014), muitas experiências podem surgir nas interações, especialmente com o uso das tecnologias digitais, por isso a lista de metodologias ativas não se esgota.

A aprendizagem acontece por meio da interação entre os alunos, que levantam questões, realizam investigações e ensinam uns aos outros tanto presencialmente quanto utilizando ambientes computacionais. (...) algumas das vantagens oferecidas pela tecnologia para auxiliar a aprendizagem colaborativa são: a facilidade com que a tecnologia da informação e comunicação permite criar, movimentar, compartilhar informações na forma de textos, imagens e vídeos, e a capacidade de interagir e produzir colaborativamente, proporcionando novas formas de aprendizagem (Castro-Filho *et al.*, 2014).

No que diz respeito à gamificação, Werbach e Hunter (2012) categorizam os elementos utilizados em sua configuração em três princípios básicos dos jogos, que são as mecânicas, as dinâmicas e os componentes (também denominados como estética por outros pesquisadores da área). Esses princípios são organizados em ordem decrescente de abstração, sendo que na base estão os componentes, no topo as dinâmicas e no meio da pirâmide encontram-se as mecânicas. Cada mecânica está ligada a uma ou mais dinâmicas e cada componente está ligado a um ou mais elementos de nível superior. Os componentes incluem medalhas, pontos, níveis, quadros de honra, avatares, entre outros; nas mecânicas podem ser identificados os elementos impulsionadores do envolvimento do jogador, incluindo aspectos como desafio, recompensa, competição, colaboração e retorno; já as dinâmicas apresentam os elementos que aplicam fatores motivacionais através da narrativa, interação social, emoções, progressão, entre outros (Werbach; Hunter, 2012).

Buscando inovações nas práticas pedagógicas voltadas ao ensino técnico profissionalizante, os docentes do Centro de Educação Profissional (Cefores) têm investido em cursos e capacitações na área das metodologias ativas com o objetivo de aplicar tais práticas na vivência dos próprios alunos. O Cefores é uma escola técnica vinculada a uma universidade pública, a Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), que oferece sete cursos técnicos, sendo quatro deles do Eixo Tecnológico de Ambiente e Saúde do Catálogo Nacional de Cursos Técnicos - CNCT (Brasil, 2014). O Cefores investiu recentemente na aquisição de equipamentos e insumos de BM que são utilizados nas aulas práticas, o que permitiu a ampliação dos horizontes em termos de projetos de Ensino, Pesquisa e Extensão.

É de extrema importância a implementação de ações que visam difundir a ciência e tecnologia entre crianças e adolescentes das escolas públicas no Brasil, pois incentiva e motiva futuros mentores em novos processos inovadores no âmbito geral e, em especial, na área da saúde. Sendo assim, o objetivo deste artigo é relatar uma experiência promovida em um projeto de extensão desenvolvido com estudantes do ensino médio de escola pública, demonstrando a aplicabilidade da BM em prol

da saúde humana, a partir do emprego de diferentes abordagens metodológicas, dentre elas o uso de técnicas e tecnologias moleculares, modelos didáticos e a gamificação.

Metodologia

Dados gerais

O projeto ocorreu em duas edições, as quais foram registradas na plataforma do SIEX (Sistema de Informações de Extensão) da UFTM, na área temática da Educação, sob os números de registro 164/2022 (primeira edição, realizada no período de 1º de maio a 31 de dezembro de 2022) e 158/2023 (segunda edição, realizada no período de 03 de abril a 31 de dezembro de 2023). O projeto foi intitulado “Inovação e tecnologia: a Biologia Molecular a serviço da saúde e dentro da Escola”.

A ação esteve relacionada aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ONU BR, 2015), especificamente aos seguintes itens: (i) educação de qualidade; (ii) indústria, inovação e infraestrutura; (iii) saúde e bem-estar; e (iv) trabalho decente e crescimento econômico. O projeto foi contemplado por editais de seleção da PROEXT/Cefores/UFTM com duas bolsas para discentes, uma para cada edição da proposta.

Público Alvo e Local da Ação Extensionista

O projeto foi desenvolvido em uma escola pública da rede estadual de ensino do Estado de Minas Gerais. O público-alvo foram os alunos do primeiro ano do Ensino Médio, mas foram também incluídas algumas turmas de terceiro ano da modalidade EJA (Educação de Jovens e Adultos em nível médio) a pedido da direção da escola, além de contar com docentes e alunos dos cursos técnicos do Cefores, do eixo tecnológico “Ambiente e Saúde”.

A comunidade interna executora do projeto contou com um docente da graduação e uma docente do Cefores (coordenadora do projeto), ambos atuantes na área de BM, e mais cinco docentes do Cefores de diversas áreas. Também participaram duas alunas bolsistas, uma do curso técnico em Análises Clínicas e uma do curso técnico em Farmácia, e uma aluna voluntária do curso técnico em Radiologia. A comunidade externa executora foi composta pela equipe gestora da escola estadual (diretor e o vice-diretor), uma docente da área da Biologia e mais cinco docentes de diversas áreas.

Proposta Metodológica da Ação de Extensão

A metodologia utilizada foi a abordagem interativa e prática de temas clássicos e outros atuais da área de BM. Para o processo ensino-aprendizagem, foram utilizadas as metodologias ativas. Dentre elas, a gamificação, para criar os “casos” a serem desvendados pelos princípios da BM, os modelos didáticos e as estações interativas, que permitiram o contato direto com as tecnologias relacionadas ao diagnóstico molecular.

Planejamento e organização de materiais, insumos e equipamentos de BM

A atividade interativa foi precedida pela revisão do referencial teórico e científico dos temas

propostos. Algumas reuniões e visitas técnicas foram executadas, antecedendo cada edição do projeto para conhecimento prévio da área de execução, verificação da presença de estruturas necessárias como bancadas e da rede elétrica apropriada. Como a primeira edição do projeto foi logo após a pandemia por coronavírus, os encontros presenciais seguiram todas as normas sanitárias em vigor no município e na escola.

Foram elaborados os roteiros com cronogramas detalhados de cada atividade interativa, além de um *check list* com a relação de todos os materiais, insumos e equipamentos necessários. Os equipamentos foram verificados e calibrados; as soluções foram preparadas com antecedência; foi realizada a autoclavagem de materiais e soluções; os equipamentos e vidrarias foram separados, organizados e embalados de acordo com normas padrões para evitar danos. Por fim, foram realizados os trâmites para mobilidade provisória de equipamentos, acessórios e insumos com a elaboração do termo de responsabilidade para o deslocamento de equipamentos patrimoniados da instituição. O agendamento do transporte foi realizado perante o Setor de Transportes da UFTM.

Modelos didáticos interativos de aprendizagem em BM

Foram elaborados dois modelos didáticos inspirados em imagens disponíveis em domínio público na internet: a estrutura tridimensional do ácido desoxirribonucleico (DNA) e a estrutura molecular em grande escala do coronavírus. Para a elaboração dos modelos foram utilizados os seguintes materiais: esferas brancas de isopor, placas de isopor, tinta guache de cores variadas, palitos de madeira, arame revestido, cola quente, papel sulfite branco e colorido e bolas de pompom coloridas usadas em artesanatos.

Atividade Interativa

As atividades na escola foram realizadas em duas etapas. Primeiramente, foi ministrada uma aula utilizando projetor multimídia e vídeos curtos, abordando os seguintes conceitos da BM: (i) a estrutura dos ácidos nucleicos (DNA e RNA); (ii) PCR e o uso no diagnóstico de doenças de importância em saúde pública; (iii) o advento da reação de PCR no diagnóstico do Coronavírus; (iv) e outras aplicações da técnica de PCR.

Ao fim da aula, os alunos receberam um modelo didático da estrutura do DNA, no qual foram explorados na prática alguns conceitos em BM. Para a finalização do encontro, foram apresentados os casos “Desvendando o misterioso caso do café” e “Desvendando o curioso sumiço do professor Alex”. Os alunos deveriam repercutir os vários aspectos envolvidos na narrativa e socializar suas experiências pessoais com o grupo.

Na segunda etapa, ocorreu a atividade interativa, que teve início com o deslocamento de equipamentos e reagentes, o que contou com a organização da sala da escola pública no dia anterior. Para a participação, todos os docentes e alunos do Cefores, que se deslocaram para a escola, usaram crachás de identificação com o nome do projeto, além do nome e a função atribuída para cada membro.

Foram montadas estações interativas com as diversas etapas do ensaio de PCR. Em cada estação, havia a presença de um membro da equipe para orientar os alunos sobre como interagir com equipamentos e explicar os princípios da técnica. As cinco estações foram divididas nos seguintes temas: (i) coleta do material biológico e purificação dos ácidos nucleicos; (ii) preparo da reação e

termociclagem; (iii) preparo do gel de agarose; (iv) eletroforese convencional e (v) visualização das bandas do DNA no transiluminador. Os alunos circulavam entre as estações e alguns voluntários de cada turma foram convidados a realizar a paramentação, utilizar equipamentos de proteção individual (EPIs) e interagir diretamente com materiais e reagentes.

Gamificação

Foram elaboradas histórias lúdicas com o objetivo de despertar o interesse dos discentes. Para cada edição do projeto, foi criado um enredo diferente, cujos personagens foram os próprios docentes da escola pública. A primeira narrativa recebeu o título “Desvendando o misterioso caso do café” e contou com a participação de quatro docentes que atuavam na escola pública. Para a segunda edição do projeto, foi necessária a elaboração de outro enredo, “Desvendando o curioso sumiço do professor Alex”, pois o primeiro foi muito comentado em toda escola e todos os alunos já conheciam o desfecho.

Para a finalização da atividade, uma imagem contendo os perfis genéticos foi apresentada para os alunos, a fim de que pudessem avaliar coincidências e desvendar o verdadeiro culpado dentre os suspeitos. Na contextualização dos casos, foram apresentadas as narrativas descritas a seguir.

Desvendando o misterioso caso do café

A professora Natália é uma admiradora de bons cafés e trouxe para a escola um café muito especial. Como sempre ela iniciou o dia preparando o delicioso café. A garrafa foi deixada na sala dos professores. Ao voltar do intervalo percebeu que a garrafa estava vazia e uma das xícaras estava suja de café. A professora Natália ficou intrigada, mas ela sabia que as modernas técnicas de BM tornam possíveis a elucidação de mistérios através do estudo do DNA. E como o projeto envolvendo a BM estava sendo desenvolvido na escola, ela optou por seguir este caminho para a solução do problema. Natália conversou com a equipe e apresentou três suspeitos, todos eles professores da escola. Iniciou-se a investigação seguindo as etapas para desvendar o mistério:

1. Avaliação das pistas: ao lado da garrafa foi encontrada uma xícara vazia, suja de café e com vestígios do suspeito. O que levantou a possibilidade da coleta de saliva da borda da caneca e purificação do DNA.
2. Pelas câmeras da escola foi possível determinar três suspeitos que entraram e saíram da sala dos professores.
3. Após solicitação, os envolvidos prontamente cederam seu material biológico para comparação com o DNA presente na caneca.
4. A seguir, realizou-se a purificação do DNA presente no material biológico da xícara.
5. Extração do DNA dos suspeitos.
6. Elaboração da PCR utilizando iniciadores específicos para amplificação do DNA.
7. Análise por eletroforese das amostras de DNA em gel de agarose e visualização utilizando o transiluminador.

Resolução: a imagem contendo o perfil genético da amostra na xícara e dos suspeitos permitiu verificar que o verdadeiro culpado foi o Prof. Alex. Ele confessou que também aprecia cafés especiais e não resistiu a algumas xícaras da deliciosa bebida. (Fonte: os autores).

Desvendando o curioso sumiço do Professor Alex

Todos sabem o Prof. Alex estava de férias, no entanto, o que poucos sabem é que neste período ele simplesmente desapareceu. A sua esposa, a Profa. Júlia, que também é pesquisadora, resolveu esclarecer a questão utilizando as técnicas da BM. Quem teria raptado o Prof. Alex? Vestígios como fios de cabelo no carro do professor poderiam auxiliar nas análises. Suspeitando dos principais amigos do Prof. Alex, a Profa. Júlia solicitou uma amostra de DNA. Os amigos prontamente concordaram em participar da investigação. As amostras foram submetidas à algumas análises:

- 1.** Avaliação das pistas: inicialmente a Profa. Júlia avaliou o veículo do professor Alex e encontrou fios de cabelo de cor diferente. O que levantou a possibilidade do uso do bulbo capilar para a purificação do DNA.
- 2.** A professora recordou-se dos principais amigos do Prof. Alex, também docentes da escola e que poderiam estar envolvidos neste estranho sumiço.
- 3.** Após solicitação, os envolvidos cederam seu material biológico para comparação com o DNA desconhecido.
- 4.** A seguir realizou-se a purificação do DNA presente no cabelo.
- 5.** Extração do DNA dos suspeitos.
- 6.** Elaboração da PCR utilizando iniciadores específicos para amplificação do DNA.
- 7.** Análise por eletroforese das amostras de DNA em gel de agarose e visualização utilizando o transiluminador.

Resolução: a imagem contendo o perfil genético presente no bulbo capilar e dos suspeitos permitiu verificar que o verdadeiro culpado foi o Prof. Celso. Ele confessou que raptou o Prof. Alex por uma boa causa, que foi uma boa pescaria entre amigos. (Fonte: os autores).

Resultados

A dialogicidade permeou toda a execução do trabalho. O planejamento e a organização foram realizados de forma integrada, contando com a participação de docentes e discentes do Cefores e da Escola pública, alvo da ação. Foram discutidas as necessidades e aspirações da instituição atendida, as características e peculiaridades dos alunos e a melhor forma de execução da proposta.

Foi possível consubstanciar a teoria e a prática, empregando as metodologias ativas e tecnologias ao estudo da BM. O domínio desse conteúdo pelos alunos do Ensino Médio permite a compreensão de questões contemporâneas e de suma importância para a sociedade, como a relevância do DNA na transmissão de características hereditárias e de doenças genéticas, diagnóstico pré-natal, descoberta e localização de oncogenes, produção de novos medicamentos, terapia gênica, testes de paternidade, projeto genoma, investigação criminal, organismos transgênicos, entre outros (Silva *et al.*, 2014; Lopes; Nascimento; Nahum, 2023).

Entretanto, o ensino de BM, além de ser complexo, muitas vezes valoriza o método tradicional, baseado na memorização de conteúdos em detrimento de uma prática contextualizada, o que torna o ensino da disciplina, por vezes, desinteressante ou de difícil compreensão (Krasilchik, 2016; Tonete, 2018; Cavalcanti; Landell, 2021). Corroborando com essa afirmação, Silva *et al.* (2014) identificaram a deficiência nos conceitos de gene, composição e estrutura do DNA, provavelmente decorrentes de

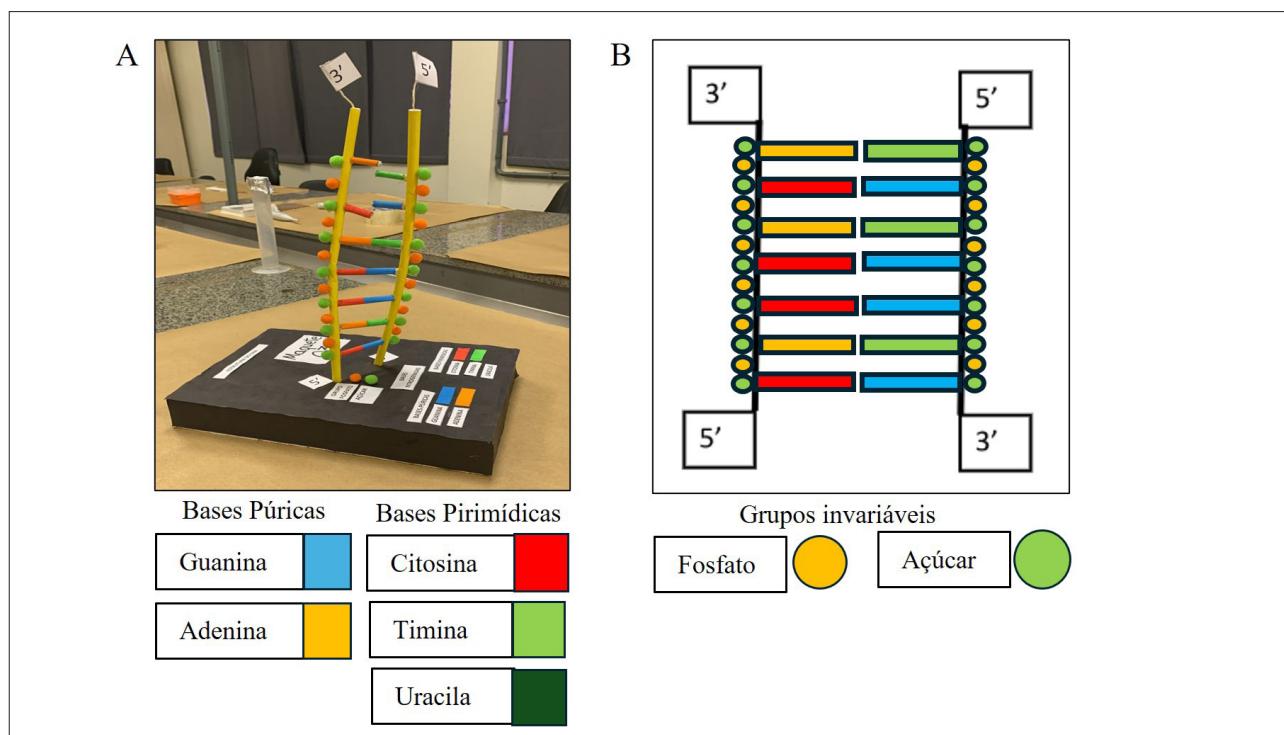
falhas anteriores no processo de ensino-aprendizagem de alunos que ingressaram no Ensino Superior.

O projeto de extensão permitiu contornar essas dificuldades, oferecendo uma prática divertida e útil no estudo de conceitos fundamentais e da aplicabilidade da BM em prol da saúde humana. Na estratégia pedagógica adotada na proposta, a equipe criou situações de ensino-aprendizagem, nas quais os alunos precisaram agir, pensar e conceituar o que fizeram, fornecendo e recebendo *feedbacks* sempre de forma crítico-reflexiva, da mesma forma que aprenderam a interagir com seus pares e docentes, experienciando atitudes e valores pessoais. Segundo Valente (2018), esses são exatamente os objetivos a serem alcançados com as metodologias ativas, as quais respondem às demandas de aprendizagem ao conjugarem tecnologias e práticas didático-pedagógicas, que fazem com que docentes e discentes possam trabalhar em conjunto, de forma colaborativa, para a construção do conhecimento.

O uso de Modelos Didáticos Interativos de aprendizagem em BM

Pensando na interação e autonomia, os alunos do Cefores auxiliaram na elaboração artesanal de 20 exemplares de um modelo didático interativo da estrutura tridimensional do DNA (Figura 1A), utilizando material de baixo custo e fácil acesso. Cada dupla de alunos da escola receberam um modelo didático e foram desafiados a identificar os três componentes que formam os nucleotídeos (açúcar, base nitrogenada e o grupo fosfato) e treinar as bases pirimídicas e purínicas que compõem os ácidos nucleicos, além de identificar as ligações do tipo fosfodiéster e as pontes de hidrogênio e, ainda, definir o número desse tipo de ligação entre as bases A-T e G-C.

Figura 1 - Modelo didático interativo com a estrutura tridimensional do DNA utilizado como recurso de aprendizagem:



Fonte: os autores. A. Modelo didático elaborado manualmente ilustrando na parte superior o início do processo de desnaturação. B. Representação esquemática do modelo de DNA que foi distribuído para os alunos para decodificação das bases nitrogenadas e logo abaixo a legenda de cores das bases nitrogenadas púricas e pirimídicas e dos grupos invariáveis.

A Figura 1A também ilustrou, na parte superior, o início dos processos desnaturação e renaturação, que são uma das bases que fundamentam os princípios da PCR. Foi possível discutir os princípios de complementaridade entre as bases nitrogenadas propostas por Watson e Crick (1953), a regra de Chargaff, diferença entre o DNA e o RNA, além das características das fitas de DNA (antiparalelas e formando a dupla hélice).

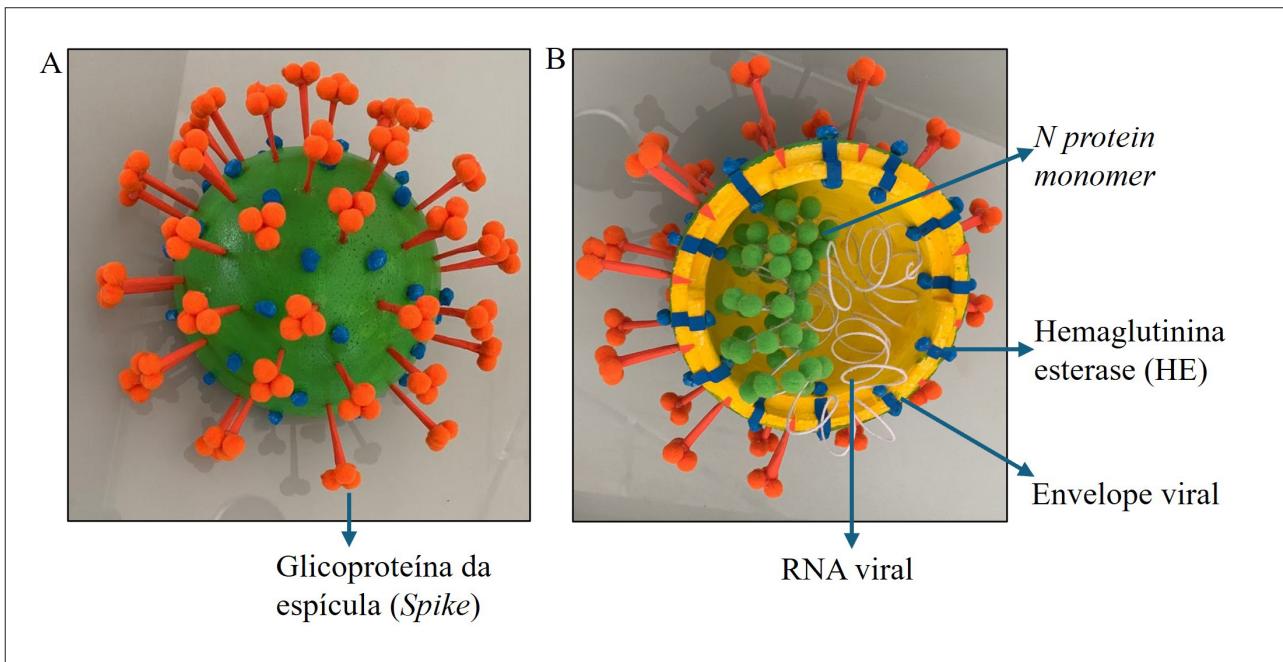
Para a avaliação da aprendizagem, os alunos receberam um formulário em que uma das questões foi baseada no modelo didático e o desafio proposto foi a decodificação do código de cores para as respectivas bases nitrogenadas (Figura 1B). O uso de modelos didáticos é uma das abordagens que vem sendo usada em grande escala por muitos docentes envolvidos com o ensino da BM, pois permite uma atuação mais efetiva e prazerosa dos estudantes na construção do conhecimento, sendo o professor o mediador do fazer pedagógico (Cavalcanti, 2019; Cavalcanti; Landell, 2021).

Neste projeto, a utilização do modelo didático interativo permitiu aos estudantes a apropriação de linguagens específicas da área da BM. A BNCC destaca que a educação na área de Ciências da Natureza e suas tecnologias deve se comprometer com o letramento científico da população, de forma a dominar as práticas sociais de uso da linguagem técnico-científica em seu cotidiano. O uso pertinente da terminologia científica de processos e conceitos permite maior autonomia em discussões, uma vez que o aluno estará apto a argumentar e a se posicionar criticamente em relação aos temas de ciência e tecnologia (Brasil, 2018).

Durante a execução do projeto de extensão, foram apresentados também o funcionamento e princípios moleculares que permitem a realização de exames de diagnóstico, como aqueles para doenças infectocontagiosas de diversas origens. Uma abordagem especial foi empregada no desenvolvimento de técnicas de diagnóstico por PCR para identificação do SARS-CoV-2. Assim, o coronavírus também foi utilizado para criar um modelo didático tridimensional e ampliado, ilustrado na Figura 2A e 2B.

A unidade viral também foi produzida manualmente com materiais de baixo custo e de fácil acesso, utilizando como inspiração imagens divulgadas do vírus e vídeos disponíveis em domínio público na internet. A elaboração dos modelos didáticos utilizados no projeto, além de contribuir para o desenvolvimento de aprendizagens significativas, resultou na criação de um acervo permanente para o Cefores, que possibilita a continuidade do uso desses materiais por outros estudantes e docentes, ampliando o alcance das estratégias pedagógicas adotadas. Resultados semelhantes foram observados por Cavalcanti e Landell (2021), que destacam a importância de recursos didáticos e a criação de um acervo de modelos didáticos em laboratório de Biologia, possibilitando que outros participantes se envolvam no uso dessas ferramentas.

Figura 2 - Modelos didáticos interativos: modelo tridimensional da estrutura do coronavírus.



Fonte: Acervo dos autores. Legenda: A. Modelo didático ampliado do coronavírus. B. Composição estrutural do coronavírus com a exposição interna de seu conteúdo.

Estações Interativas apresentando cada etapa da PCR

Foram elaboradas também as estações interativas que apresentavam cada etapa da reação de PCR, onde os alunos circulavam e interagiam. Para algumas etapas, já foram organizados os materiais subsequentes, como os produtos da amplificação do DNA, garantindo agilidade nas diferentes etapas. Dessa forma, na Estação Interativa 1 (Figura 3A), que apresentou a purificação dos ácidos nucleicos, foi exposto o modelo tridimensional do coronavírus.

O modelo didático apresentou os componentes básicos do coronavírus, como o envelope viral, a glicoproteína da espícula (*Spike*), a hemaglutinina esterase (HE), o RNA viral e a proteína N (Figura 2A e B). O modelo contou com duas faces de uma esfera de isopor, o que possibilitou a interação com o abre e fecha da unidade, simulando a *lise* do envelope viral e a exposição do RNA que seria submetido à extração.

O manuseio do RNA proveniente do interior do coronavírus auxiliou a explanação sobre a importância dos ácidos nucleicos no diagnóstico das doenças infecciosas, o uso de enzimas como a Transcriptase Reversa e a DNA Polimerase, além da justificativa do uso da enzima obtida da bactéria *Thermus aquaticus* para a realização da técnica de PCR. Para a ilustração dessa etapa, foi também apresentado para os alunos um *kit* industrializado para a purificação de ácidos nucleicos.

Na Estação Interativa 2 (Figura 3B), os alunos manusearam o aparelho termociclador, com a oportunidade de programar a ciclagem completa de um protocolo de PCR, além de abrir e fechar o compartimento do forno para acondicionar as amostras. Nessa estação, conheceram na prática cada uma das etapas e respectivas temperaturas (desnaturação, associação e extensão) que compõem cada ciclo da PCR, relacionando-as com conceitos já explorados na estrutura 3D do DNA, como complementaridade de bases, desnaturação e renaturação.

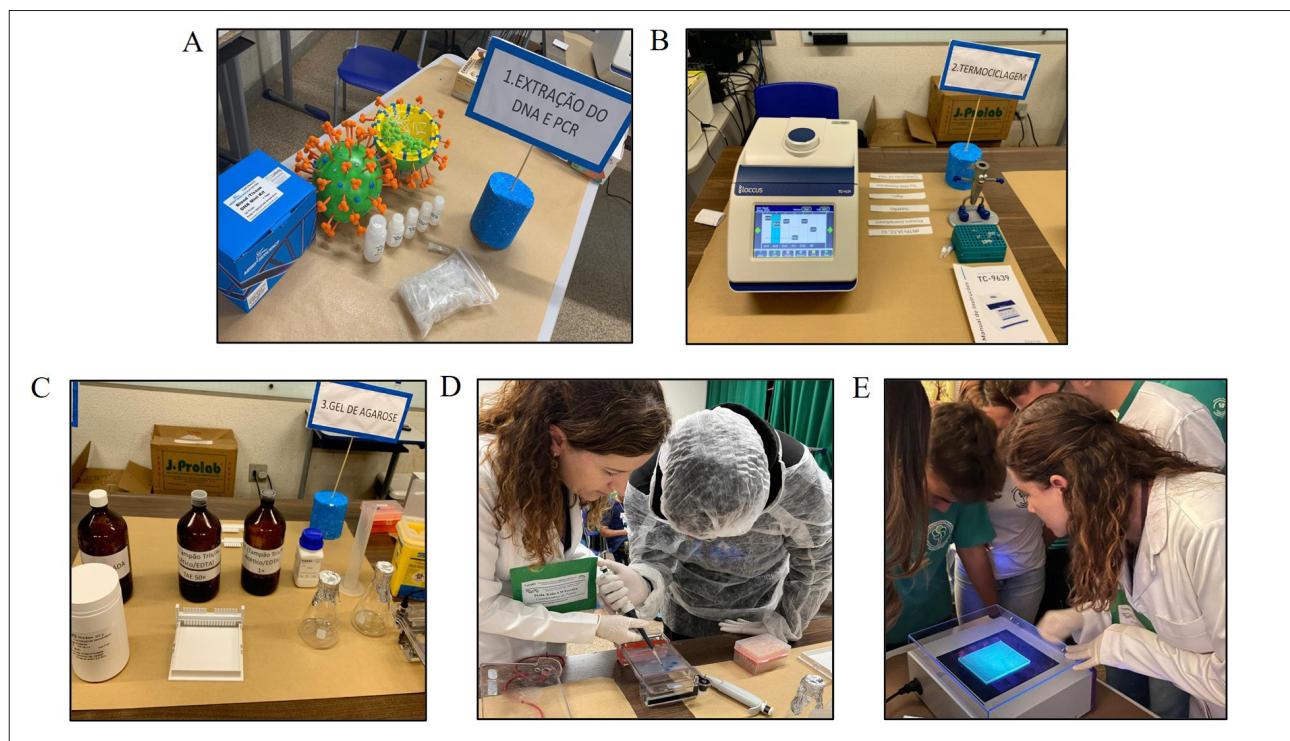
Na Estação Interativa 3 (Figura 3C), os alunos tiveram a oportunidade de participar do prepa-

ro do gel de agarose para a eletroforese, usando um aparelho de microondas. Assim, eles aplicaram amostras do DNA amplificado e adicionado ao tampão da amostra, utilizando micropipetas.

Foi na Estação Interativa 4 (Figura 3D) que os participantes realizaram a eletroforese convencional em gel de agarose, utilizando a fonte e a cuba horizontal para eletroforese. Também acompanharam a migração dos corantes azul de bromofenol e xileno cianol, além da eletrólise ocasionada pelos eletrodos nos pólos positivo e negativo da cuba. Por fim, na Estação Interativa 5 (Figura 3E), observaram as bandas de DNA fluorescentes utilizando o equipamento transiluminador.

As estações interativas convergem para o desenvolvimento de habilidades descritas na BNCC e que estão relacionadas com investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação, a fim de compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais (Brasil, 2018). Assim, ao adotar como diretriz o foco no desenvolvimento de competências, a BNCC estimula a indicação clara do que os alunos devem “saber” (considerando a constituição de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores) e, sobretudo, do que devem “saber fazer” – considerando a mobilização desses conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana – (Brasil, 2018).

Figura 3 - Estações Interativas apresentando as diferentes etapas da PCR e disponibilizadas para os alunos durante atividade prática interativa.



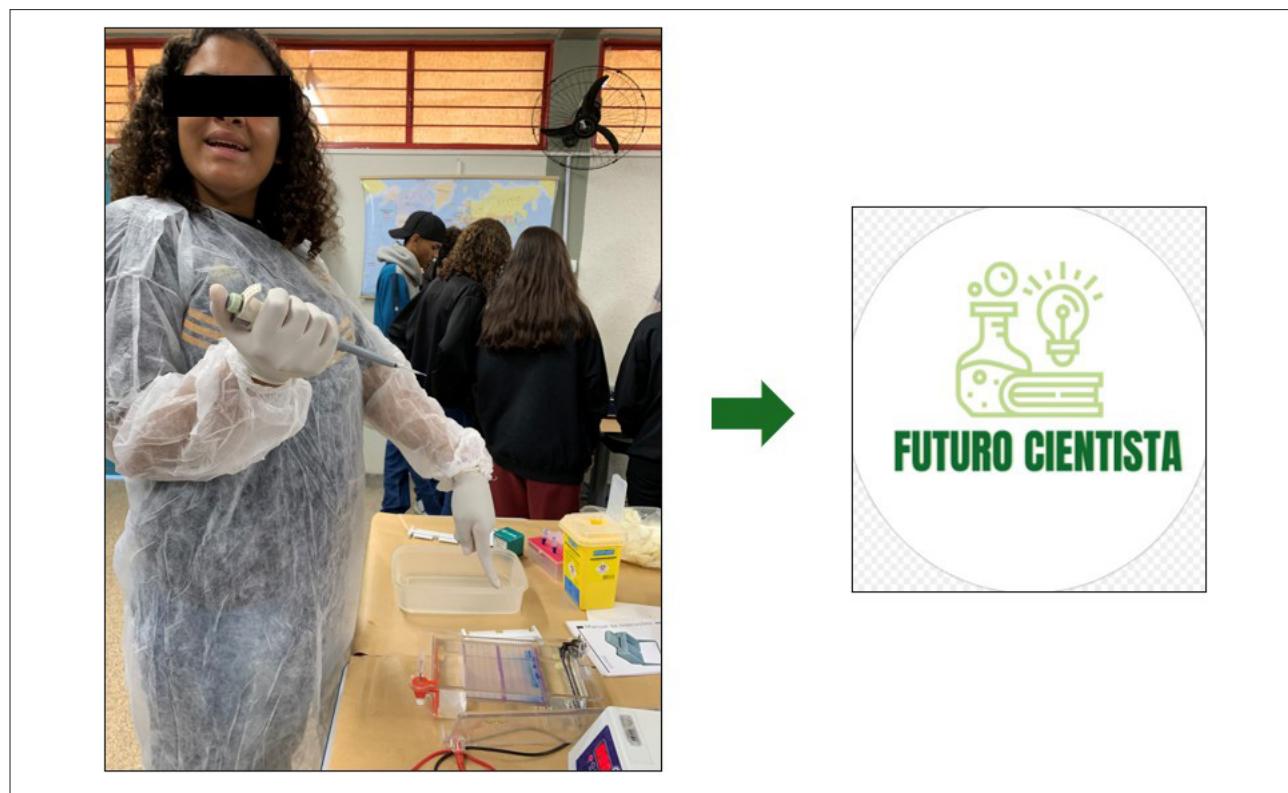
Fonte: Acervo dos autores. Legenda: A. Purificação dos ácidos nucleicos. B. Termociclagem. C. Preparo do gel de agarose. D. Eletroforese convencional. E. Visualização do DNA no transiluminador.

Durante a corrida eletroforética, foi realizada uma pausa para um momento de discussão, onde foram abordados temas como os projetos genoma, doenças infecciosas, coronavírus e o diagnóstico molecular. Foi priorizada a linguagem apropriada ao nível escolar, acessível, objetiva e clara; ao mesmo tempo, o aluno foi estimulado a discutir livremente, a pensar criticamente sobre os temas abordados e possíveis aplicações da BM no dia a dia da sociedade atual.

Finalizou-se essa etapa da ação extensionista com o uso de recursos didáticos interativos, dinâmicos e atraentes, a um custo operacional muito baixo, tendo em vista a utilização de equipamentos e reagentes da Escola Técnica Profissionalizante. O entusiasmo dos alunos foi marcante, principalmente ao se paramentar com os EPIs, manusear o modelo do coronavírus, programar o termociclador, aplicar as amostras no gel de agarose (Figura 4). Entretanto, o momento mais especial foi quando eles visualizaram as bandas de DNA.

Assim, foi possível inserir o uso da tecnologia seguindo as premissas da BNCC, contribuindo para um ensino atualizado e capaz de fornecer os saberes exigidos na sociedade contemporânea. Segundo Stinghen (2016), torna-se de extrema importância empregar plenamente as capacidades da tecnologia, sendo essencial utilizar essa ferramenta de maneira objetiva, com atenção cuidadosa aos resultados finais, a fim de verificar se houve impacto significativo no processo de ensino-aprendizagem dos alunos.

Figura 4 - Atividade prática interativa que permitiu o uso de tecnologias vinculadas às análises moleculares.



Fonte: Acervo dos autores. Ao fim da atividade todos os alunos que participaram receberam o adesivo de futuro cientista.

A estratégia da gamificação aplicada ao estudo da BM

Outra estratégia pedagógica utilizada na ação de extensão foram os desafios dos casos, usados para possibilitar a reflexão sobre o uso da tecnologia da PCR na resolução de problemas, buscando maior engajamento dos alunos e professores em situações divertidas. O uso da gamificação envolveu os alunos ao conteúdo de BM de forma interativa, autônoma e instigadora.

Busarello, Ulbricht e Fadel (2014) definem gamificação como “o uso de elementos e mecanis-

mos de jogos em contextos de não jogos” para promover reflexões e estimular os alunos a solucionar problemas e desafios. O termo e o conceito originaram-se na área de *marketing* e *web* como método aplicado para engajar e fidelizar clientes e usuários (Zichermann; Cunningham, 2011).

A gamificação utiliza elementos que, geralmente, envolvem os jogadores quando interagem com bons jogos (Gee, 2009). Entretanto, a atividade não pode ser confundida com um simples jogo, pois ela apenas utiliza elementos do jogo, a fim de engajar pessoas, motivar a ação, promover a aprendizagem e resolver problemas (Kapp, 2012).

Da mesma forma, Deterding, Dixon, Khaled e Nacke (2011) não associam a gamificação à tecnologia digital, uma vez que ela pode estar presente em atividades de natureza analógica, buscando o envolvimento e interação entre pessoas com uma finalidade específica. Todos esses preceitos estiveram presentes na ação de extensão desenvolvida, visto que vários elementos do jogo – como as narrativas, sistema de feedback, sistema de recompensas, conflito, cooperação, competição, objetivos e regras claras, tentativa e erro, diversão, interação e interatividade – foram usados para envolver os alunos ao conteúdo.

As duas edições do projeto de extensão contaram com o recurso de gamificação. A narrativa que agitou, animou e alegrou a primeira edição foi o “Desvendando o misterioso caso do café” (Figura 5). Foi elaborado um desafio que envolveu professores voluntários da escola em um caso fictício, com mistérios e surpresas em que a provocação foi utilizar as técnicas moleculares para decifrar qual dos suspeitos tomou o café especial de uma professora que aprecia bons cafés.

A dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no Ensino Médio, aproximando os estudantes aos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista (Brasil, 2018). A abordagem investigativa deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, a fim de estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental.

A estratégia de gamificação presente na segunda edição do projeto foi o “Desvendando o misterioso caso do sumiço do Prof. Alex”. Em ambos os casos, os alunos receberam um impresso colorido com a trama imaginária para discussão e levantamento de hipóteses e indicação do culpado. Como conheciam os docentes envolvidos, os alunos inicialmente arquitetaram várias hipóteses para a resolução do problema, muitas vezes se baseando na personalidade dos professores e outras evidências não científicas. Apenas no dia seguinte receberam a imagem do perfil genético da amostra e dos suspeitos, para chegarem ao veredito final baseando-se em critérios científicos.

Claramente, os participantes observaram na prática o valioso uso da ciência e tecnologia para resultados precisos e assertivos em detrimento ao uso do conhecimento empírico. As conclusões obtidas foram utilizadas como um dos critérios para avaliação da aprendizagem. Além disso, Werbach e Hunter (2012) definiram que os componentes, na gamificação, incluem medalhas, pontos, níveis, entre outros. Assim, após a conclusão das atividades práticas, como premiação, todos que participaram das atividades interativas receberam um adesivo de “Futuro Cientista”, no ensejo de motivar novos talentos nas áreas científicas e tecnológicas.

Figura 5 - Estratégia da gamificação utilizando o enredo dos casos.

O MISTERIOSO CASO DO CAFÉ



Profa. Natália



Xícara com material biológico:
saliva humana (Amostra 1).

OS SUSPEITOS



Prof. Fábio - Amostra nº 2



Prof. Sabrina - Amostra nº 3



Prof. Alex - Amostra nº 4

ANÁLISES MOLECULARES

Amostra 1: DNA extraído
da saliva contida na xícara

Marcador de
Tamanho do DNA

↓

↓

DNA dos suspeitos			
2	3	4	
500 pb	—	—	—
400 pb	—	—	—
300 pb	—	—	—
200 pb	—	—	—
100 pb	—	—	—

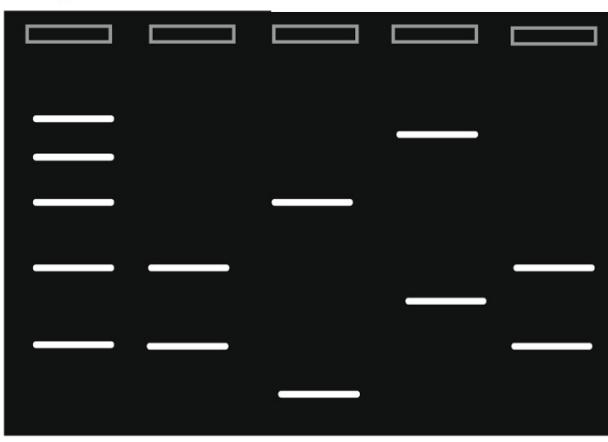
500 pb

400 pb

300 pb

200 pb

100 pb



RESULTADO

O suspeito verdadeiramente culpado é o Prof. Alex, da amostra número 4, pois seu perfil genético coincide com o da amostra biológica que é a amostra número 1.

Fonte: Acervo dos autores. As imagens iniciais foram editadas com o Google Gemini.

O projeto valorizou a contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia (Brasil, 2018). Foram abordados temas como o papel da mulher na ciência e na construção do conhecimento, como o exemplo da importante contribuição de Rosalind Elsie Franklin, química britânica que participou na determinação da estrutura dos ácidos nucleicos.

As atividades extensionistas permitiram também a reflexão acerca do contexto social vivenciado pelos alunos da rede pública, com diferentes realidades sociais, culturais, condições de desenvolvimento cognitivo e afetivo. Foi uma oportunidade única de conhecer as crianças e adolescentes, ouvir suas dúvidas, muito intrigantes e sábias, ouvir seus anseios e questões sobre o futuro, sobre a ciência e as grandes possibilidades alcançadas com o uso da tecnologia. Alguns questionamentos sobre o coronavírus e suas consequências trágicas na vida das pessoas também foram levantados, com depoimentos emocionantes.

A execução da primeira edição do projeto permitiu o alcance de dez turmas, com a presença de 239 alunos no total, sendo um número maior que o inicial idealizado de 210 alunos. Foram realizados dois encontros com cada turma em datas distintas, com um total de 20 encontros. A execução da segunda edição do projeto extensionista permitiu o atendimento de todas as seis turmas do primeiro ano do Ensino Médio, cada uma com 35 a 40 alunos, num total de 220 alunos contemplados na realização de 12 encontros. Nas duas edições do projeto participaram 459 alunos no total.

Por fim, a execução das atividades extensionistas envolveu o uso de práticas pedagógicas inovadoras e múltiplas metodologias para abordar o conteúdo de BM, promovendo o engajamento dos estudantes e facilitando o processo de ensino-aprendizagem, o que contribuiu significativamente na construção do conhecimento. Outro ponto relevante é a divulgação científica desse tipo de trabalho realizado na comunidade escolar, que pode ser reproduzido, favorecendo a expansão e atualização das redes de conhecimento dos professores (Lopes; Nascimento; Nahum, 2023).

Conclusões

Os objetivos propostos na ação extensionista foram integralmente alcançados e o cronograma foi cumprido no tempo previsto. Foi possível levar o conhecimento além das fronteiras da Universidade, estendendo seus benefícios para os alunos da rede pública da educação, criando uma parceria assertiva, bem-sucedida e baseada na interação dialógica entre professores e alunos do Cefores e estudantes do Ensino Médio. O projeto abriu a perspectiva de incentivar nossos alunos dos cursos técnicos a atuarem de forma responsável e solidária dentro da escola pública, levando para a sociedade os princípios científicos e tecnológicos usados na prática clínica e que muitas vezes são desconhecidos ou ignorados por uma grande parcela da população; ao mesmo tempo, em via de mão dupla, os participantes adquiriram o conhecimento inestimável sobre os problemas e as soluções vivenciados no ensino público.

Dentre as contribuições que a ação de extensão proporcionou na formação dos discentes do Ensino Profissionalizante, podemos citar: o incentivo ao trabalho em equipe, a capacidade de criação de ferramentas didáticas, a inovação, a proatividade, além da vivência de ações multiprofissionais e interdisciplinares que integram o Ensino, a Pesquisa e a Extensão na participação de práticas políticas e sociais.

A execução do projeto utilizando as metodologias ativas permitiu tornar os alunos do Ensino

Médio protagonistas no debate acerca da BM e de suas aplicações na vida moderna, despertando o interesse e a motivação pelo conhecimento e pelo desenvolvimento de novas tecnologias. As estações interativas proporcionaram um ambiente favorável para o letramento científico e a discussão de temas como prevenção, saúde, doenças infecciosas, coronavírus e suas relações com inovação e tecnologia em busca da resolução de problemas de saúde pública. Esta é uma das premissas da BNCC, que visa contribuir para um ensino atualizado e capaz de fornecer os saberes exigidos na sociedade contemporânea, estimulando o pensamento crítico sobre os temas abordados, a comunicação e a formação integral.

O presente projeto de extensão permitiu uma vivência intensa da abordagem metodológica com essa natureza: alunos e professores envolvidos com a atividade pedagógica, utilizando elementos de jogos na gamificação, como a narrativa dos casos criados para os alunos, a fim de solucionar os “mistérios” utilizando os conhecimentos da BM a partir da interação com as tecnologias, com seus pares e com os modelos didáticos, buscando entender conceitos científicos. Elementos como competição, recompensas, desafios e narrativas envolventes motivaram os estudantes, já acostumados com o *design* dos jogos, a se interessarem pelos conteúdos da BM, apresentados de forma lúdica e criativa. Ocorreu também a aproximação dos estudantes com os procedimentos e instrumentos de investigação, uma vez que tiveram a oportunidade de experienciar a rotina de um pesquisador em um laboratório com diversas tecnologias para a solução de problemas reais.

Com a execução desse projeto, foi possível estabelecer uma ponte sustentável entre a UFTM e a comunidade, especialmente entre os alunos e professores do Cefores e os alunos e professores do Ensino Médio de uma escola pública estadual do interior de Minas Gerais. A contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia, durante a execução da proposta, levou todos da equipe executora à reflexão sobre determinados indicadores vinculados às políticas públicas, como o acesso à tecnologia, profissionalização, promoção da saúde, acesso à informação, incorporação, uso e monitoramento de tecnologias em saúde.

Referências

- BARBOSA, X. C.; BEZERRA, R. F. Breve introdução à história da inteligência artificial. **Jamaxi: Revista de História e Cultura da Amazônia Ocidental**, Rio Branco, v. 4, n. 2, p. 90-97, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufac.br/index.php/jamaxi/article/view/4730>>. Acesso em: 2 set. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Catálogo Nacional de Cursos Técnicos**. 3. ed. Brasília: MEC, 2014.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em: 7 ago. 2025.
- BUSARELLO, R. I.; ULRICHT, V. R.; FADEL, L. M. A gamificação e a sistemática de jogo: conceitos sobre a gamificação como recurso motivacional. In: FADEL, L. M. et al. (org.). **Gamificação na Educação**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2014. p. 11-37.
- CARDOSO, T. C.; LIMA, M. M. O.; ARAÚJO, J. S.; ALVES, W. S.; MARTINS, F. A.; ALMEIDA, P. M. Biologia molecular e forense no ensino médio. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 8, p. 1-17, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17624>>. Acesso em: 2 set. 2025.
- CASTRO FILHO, J. A. et al. Tecnologias digitais, mobilidade e educação: perspectivas contemporâneas para a Didática e a Prática de Ensino. In: ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICAS DE ENSINO, 17., 2014, Fortaleza. **Anais** [...]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2014.
- CAVALCANTI, G. A. G. **Construção e utilização de modelos didáticos no ensino de genética molecular na perspectiva interacionista**. 2019. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.
- CAVALCANTI, C. A. G.; LANDELL, M. F. O lúdico no ensino de genética molecular: uma abordagem que estimula os estudantes e favorece a aprendizagem. **Revista Internacional Educon**, v. 2, n. 1, e20011025, jan./mar. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.47764/e20011025>>. Acesso em: 2 set. 2025.
- COSTA, D. S.; ARAÚJO, D. D.; SANTOS, J. C.; PEREIRA, H. S.; ANDRADE, G. L.; SALES, A. C. S. et al. A importância da utilização de técnicas moleculares no diagnóstico laboratorial de Dengue vírus: uma revisão. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 12, p. 1-10, 2021. Disponível em: <<https://rsdjurnal.org/index.php/rsd/article/view/20261>>. Acesso em: 7 ago. 2025.
- DETERDING, S.; DIXON, D.; KHALED, R.; NACKE, L. From game design elements to gamefulness. In: INTERNATIONAL ACADEMIC MINDTREK CONFERENCE, 15., 2011, Tampere. **Proceedings** [...]. New York: ACM, 2011. p. 9-15. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>>. Acesso em: 2 set. 2025.
- DEWEY, J. **Experiência e educação**. Tradução de Renata Gaspar. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2011.
- GEE, J. P. Bons videogames e boa aprendizagem. **Perspectiva**, Florianópolis, v. 27, n. 1, p. 167-178, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.5007/2175-795X.2009v27n1p167>>. Acesso em: 2 set. 2025.
- GONZÁLEZ, M. D. C. B.; DUEÑAS, M. S. M. Metodologías activas para la enseñanza y el aprendizaje. **Revista Panamericana de Pedagogía**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 271-275, 2017.
- KAPP, K. M. **The gamification of learning and instruction: game-based methods and strategies for training and education**. San Francisco: Pfeiffer, 2012.
- KRASILCHIK, M. **Práticas do ensino de biologia**. São Paulo: Edusp, 2016.

LABOONE, P. A.; MARQUES, O. Overview of the future impact of wearables and artificial intelligence in healthcare workflows and technology. **IJIM Data Insights**, v. 4, n. 2, 100294, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jjimei.2024.100294>>. Acesso em: 2 set. 2025.

LOPES, W.; NASCIMENTO, R. M. M.; NAHUM, H. M. A abordagem dos conteúdos de biologia molecular no ensino médio utilizando metodologias educativas. **Ensin@ UFMS**, v. 4, n. 8, p. 496-520, dez. 2023.

LORENZETTI, J.; TRINDADE, L. L.; PIRES, D. E. P.; RAMOS, F. R. S. Tecnologia, inovação tecnológica e saúde: uma reflexão necessária. **Texto & Contexto - Enfermagem**, Florianópolis, v. 21, n. 2, p. 432-439, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-07072012000200023>>. Acesso em: 7 ago. 2025.

MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, L.; MORAN, J. (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Pensso, 2018. p. 1-25.

MORELI, M. L.; COSTA, V. G. A systematic review of molecular diagnostic methods for the detection of arboviruses in clinical specimens in Brazil and the importance of a differential diagnosis. **Virology Discovery**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2013.

NOGUEIRA, L. M.; SANTOS, M. S.; BATISTA, A.; MAIA, A. C.; JUNIOR, S.; MACHADO, J. et al. O envolvimento da Ciência Brasileira no diagnóstico da COVID-19. **Ciência em Movimento - Reabilitação e Saúde**, v. 22, n. 43, p. 161-178, jun. 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/343589511_O_envolvimento_da_Ciencia_Brasileira_no_diagnostico_da_COVID-19>. Acesso em: 7 ago. 2025.

ONU BR – NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL – ONU BR. A Agenda 2030, 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 14 nov. 2025.

PAES, C. A. T. Diagnóstico laboratorial da COVID-19: perspectivas atuais e futuras. **Informes Técnicos**, Sociedade Brasileira de Análises Clínicas, 10 ago. 2020. Disponível em: <<https://www.sbac.org.br/blog/2020/08/10/diagnostico-laboratorial-da-covid-19-perspectivas-atuais-e-futuras-dialogo-com-especialista/>>. Acesso em: 7 ago. 2025.

SILVA, R. G. L.; CHAMMAS, R.; PLONSKI, G. P.; GOLDBAUM.; FERREIRA, L. C. S. A participação da universidade na produção de testes diagnósticos moleculares do novo coronavírus no Brasil: resposta aos desafios sanitários. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 6, p. 1-5, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-311X00115520>>. Acesso em: 7 ago. 2025.

SILVA, M. I.; ORLANDO, T. C.; MORENO-COTULIO, V. R.; GOUVÊA, C, M. C. P. Os conceitos de gene e DNA por alunos ingressantes na UNIFAL-MG e a efetividade da dramatização como estratégia de ensino de Biologia Molecular. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 12, n. 2, p. 24-36, 2014. Disponível em: <<https://www.bioquimica.org.br/index.php/REB/article/view/320>>. Acesso em: 7 ago. 2025.

STINGHEN, R. S. **Tecnologias na educação:** dificuldades encontradas para utilizá-la no ambiente escolar. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Educação na Cultura Digital) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/169794/TCC_Stinghen.pdf?sequence=1>. Acesso em: 7 ago. 2025.

TONETE, D. C. **Análise do ensino-aprendizagem de Biologia nos anos finais da educação básica:** uma perspectiva dos conteúdos de genética, bioquímica, fisiologia e biologia celular. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/20608>>. Acesso em: 7 ago. 2025.

VALENTE, J. A. A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia. In: BACICH, L.; MORAN, J. (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 26-44.

WATSON, J. D.; CRICK, F. H. C. Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*, London, v. 171, n. 4356, p. 737-738, 1953. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/171737a0>>. Acesso em: 2 set. 2025.

WERBACH, K.; HUNTER, D. **For the Win**: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business. Philadelphia: Wharton Digital Press, 2012.

ZICHERMANN, G.; CUNNINGHAM, C. **Gamification by Design**: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2011.