

CSI: investigação celular - uma proposta de ensino de metabolismo celular em uma perspectiva ativa e interdisciplinar.

Aline do Santo Oliveira¹ ; Emanuel de Oliveira Nascimento² ; Francisca Nascimento Carvalho³ ; Gabriel Barbosa Ferreira⁴ ; Marcos Antonio Oliveira Silva⁵ ; Maikon Akicenoa dos Santos Vieira⁶ ; Rodrigo Fabiano Rodrigues⁷ ; Suellen Rachel Sales Silva⁸ ; Kátia Dias Ferreira Ribeiro⁹ ; Cássio da Silva Dias¹⁰.

Resumo:

Tem-se como objetivo o planejamento de uma ação pedagógica realizada no âmbito do Programa Licenciado, via projeto do campus Açailândia, que envolve o estudo do metabolismo celular por meio de uma proposta elaborada com base nos pressupostos da metodologia ativa, utilizando como recurso uma investigação forense. Os membros do projeto Licenciado, após leituras de textos e discussões, elaboraram uma série de estações de investigação nas quais os estudantes, munidos de textos-base e pistas, possam analisar dados sobre o metabolismo, utilizando conceitos de biologia, química e matemática. A atividade foi elaborada a fim de, quando implementada, favorecer o protagonismo dos estudantes na elucidação da "morte" de uma célula hepática, por meio da mobilização de diversos conhecimentos. A ação de planejamento contribuiu para o da aprendizagem de conhecimentos para a docência pelos professores em formação e resultou em um produto que pode auxiliar o aprofundamento no entendimento e aprendizado de conhecimentos de Ciências da Natureza e Matemática em uma perspectiva interdisciplinar bem como para o desenvolvimento da capacidade de análise crítica, raciocínio lógico e trabalho colaborativo pelos sujeitos da Educação Básica.

Palavras-chave: Formação docente; Metodologia ativa; Interdisciplinaridade;

¹Estudante de Licenciatura em Matemática do IFMA - Campus Açailândia; E-mail: a.santo@acad.ifma.edu.br.

²Estudante de Licenciatura em Matemática do IFMA - Campus Açailândia; E-mail: oliveiraemanoel@acad.ifma.edu.br.

³Estudante de Licenciatura em Química do IFMA - Campus Açailândia; E-mail: franciscac@acad.ifma.edu.br.

⁴Estudante de Licenciatura em Química do IFMA - Campus Açailândia; E-mail: barbosa.gabriel@acad.ifma.edu.br.

⁵Estudante de Licenciatura em Química do IFMA - Campus Açailândia; E-mail: maikon.a@acad.ifma.edu.br.

⁶Estudante de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFMA - Campus Açailândia; E-mail: antonio.o@acad.ifma.edu.br.

⁷Estudante de Licenciatura em Química do IFMA - Campus Açailândia; E-mail: fabiano.rodrigues@acad.ifma.edu.br

⁸Estudante de Licenciatura em Química do IFMA - Campus Açailândia; E-mail: suellenrachel@acad.ifma.edu.br

⁹Professora do curso de Licenciatura em Química. Doutora em Educação em Ciências e Matemática. Docente do IFMA - campus Açailândia. E-mail: katia.ribeiro@ifma.edu.br

¹⁰Professor do curso de Licenciatura em Química. Doutor em Química Orgânica. Docente do IFMA - campus Açailândia. E-mail: cassio.dias@ifma.edu.br

Metabolismo celular.

Introdução:

O processo de ensino-aprendizagem de Biologia Celular, apesar de sua importância basilar, enfrenta obstáculos significativos, sobretudo no que se refere a temas abstratos como o metabolismo celular (Vigario; Cicillini, 2019). Estudos na área de educação em ciências apontam que a complexidade e a natureza predominantemente teórica desses conteúdos podem levar a uma aprendizagem fragmentada e à baixa aprendizagem do conhecimento por parte dos discentes (Krasilchik, 2008; Vigario; Cicillini, 2019). A persistência de modelos pedagógicos tradicionais, que apresentam entre suas características serem centrados na exposição oral e na pessoa docente, frequentemente contribui para esse cenário (Libâneo, 1994; Bacich; Moran, 2018), posicionando o estudante como um agente passivo no processo educativo.

Em contraposição ao modelo tradicional, as metodologias ativas surgem como alternativas pedagógicas que deslocam o foco do processo para o aprendiz, envolvendo-o na construção do seu conhecimento. Nessas abordagens, o aluno assume uma postura mais participativa, sendo engajado em atividades das mais variadas características, tornando-se protagonista de sua aprendizagem (Bacich; Moran, 2018).

A proposta aqui relatada utiliza a narrativa de uma investigação forense para explorar o metabolismo celular e a toxicologia. Nela, os alunos são desafiados a elucidar a "morte" de uma célula hepática, analisando pistas que relacionam conceitos de biologia, química e matemática. A escolha do hepatócito é intencional, dada sua centralidade nos processos de metabolização e detoxificação, permitindo uma abordagem integrada sobre os efeitos de agentes como o etanol e metais pesados. Esta prática não apenas favorece a aprendizagem de conteúdos específicos, mas também funciona como um laboratório para o licenciando, que vivencia o planejamento e a execução de ações pedagógicas alinhadas às expectativas da educação do século XXI.

Ao simular uma investigação, busca-se transformar um tópico curricular denso em um desafio intelectual estimulante, no qual os estudantes precisam mobilizar saberes, formular hipóteses e colaborar em equipe para chegar a uma conclusão fundamentada. Dessa forma, a experiência relatada contribui para o repertório de práticas do futuro professor, ao mesmo tempo em que oferece aos discentes da educação básica uma forma mais dinâmica e integrada de compreender a ciência.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo apresentar, acompanhado de uma explanação, o planejamento de uma ação pedagógica realizada no âmbito do

Programa Licenciador, via projeto do campus Açailândia, que envolve o estudo do metabolismo celular por meio de uma proposta elaborada com base nos pressupostos da metodologia ativa, utilizando como recurso uma investigação forense.

Metodologia:

Este estudo relata uma experiência desenvolvida no âmbito do Programa Licenciador do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Campus Açailândia, um ambiente voltado à formação inicial de professores (licenciandos) em Ciências Biológicas, Matemática e Química. Este programa, entre outras coisas, fomenta o desenvolvimento e a reflexão sobre práticas pedagógicas inovadoras.

A elaboração da ação pedagógica foi realizada de forma colaborativa envolvendo os professores em formação, bolsistas do projeto, e a professora supervisora. Todo o planejamento e deliberações eram realizados semanalmente. Inicialmente discutiu-se formas de trabalho a partir de temas que pudessem suscitar o ensino e a aprendizagem de objetos de conhecimentos de Biologia, Matemática e Química de forma interdisciplinar e ser trabalhados tendo os estudantes da Educação Básica como protagonistas no processo de aprendizagem. Nesses diálogos, decidiu-se pelo estudo do metabolismo celular e por uma atividade com caráter investigativo. Na sequência foram realizados estudos teóricos e as diversas contribuições foram surgindo para se chegar ao produto final. Essa ação iria ser desenvolvida no âmbito de um evento, I Semana das Licenciaturas do IFMA- Açailândia, contudo, por alguns motivos, não foi desenvolvida. Deseja-se que seja implementada em 2026/1 em ações já planejadas pelo grupo.

Resultados e discussão

A intervenção pedagógica está alicerçada nos pressupostos das Metodologias Ativas, que posicionam o estudante como protagonista de seu processo de aprendizagem (Bacich; Moran, 2018). A atividade integra, de forma sinérgica, duas abordagens complementares: a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) e a Gamificação. Na PBL, um problema complexo e semiestruturado — a "morte" de uma célula hepática — atua como gatilho para a investigação (Berbel, 1998). Os estudantes são compelidos a buscar e utilizar conhecimentos de múltiplas disciplinas para formular

uma solução fundamentada (Berbel, 1998). A gamificação, por sua vez, corresponde à incorporação de elementos de jogo, tais como mecânicas, regras e design de jogo, em contextos que não são jogo (Araújo, 2022). A atividade utiliza uma narrativa de investigação forense, papéis definidos (peritos), progressão por missões ("estações") e o uso de pistas e desafios, transformando um tópico abstrato em uma experiência imersiva e estimulante (Souza; Ferreira-Silva, 2022).

A estrutura da atividade desdobra-se em seis "Estações de Investigação" sequenciais. Os estudantes, organizados em equipes, devem analisar as evidências em cada estação para construir um caso coeso, em um percurso que promove o raciocínio progressivo, partindo de dados isolados para uma conclusão integrada. A Tabela 1 sintetiza a estrutura da intervenção:

Tabela 1: Estrutura das Estações de Investigação da Atividade "CSI: Investigação Celular"

Estação	Problema Investigativo	Conceitos Mobilizados (Biologia, Química e Matemática)
Estação 1	Por que a célula parou de produzir energia?	Respiração celular; Fermentação láctica; Balanço energético (ATP, NADH, FADH ₂); Análise de dados bioquímicos.
Estação 2	O que tinha na água?	Toxicologia de metais pesados (Pb ²⁺ , Cd ²⁺); Inibição enzimática; Análise de concentrações (mg/L); Comparação com limites da OMS.
Estação 3	O álcool foi o vilão?	Metabolismo do etanol; Vias metabólicas (Ciclo de Krebs); Papel das coenzimas (NADH); Relações de causa e efeito bioquímico.
Estação 4	A célula está inchando?	Homeostase celular; Transporte ativo (Bomba de Na ⁺ /K ⁺); Osmose; Relação entre energia (ATP) e equilíbrio iônico.
Estação 5	Quanto de álcool foi ingerido?	Cálculo de densidade e massa; Cálculo de dose (g/kg); Conceito de DL ₅₀ ; Análise de risco toxicológico.
Estação 6	Qual é a causa mais provável?	Análise integrada de dados; Formulação e justificação de hipóteses; Raciocínio lógico-científico; Argumentação baseada em evidências.

Fonte: Própria autoria.

A Tabela 1, organiza as etapas da proposta didática em seis estações, cada uma delas associada a um problema investigativo e a um conjunto de conceitos de Biologia,

Química e Matemática. Essa organização reflete a intencionalidade pedagógica de mobilizar diferentes áreas do conhecimento em um mesmo contexto, explorando o metabolismo celular sob uma perspectiva interdisciplinar e ativa.

Na Estação 1, ao questionar “Por que a célula parou de produzir energia?”, os estudantes são levados a retomar os conceitos de respiração celular, fermentação e balanço energético, articulando a interpretação de dados bioquímicos com cálculos matemáticos básicos. Já na Estação 2, com o problema “O que tinha na água?”, evidencia-se a interface entre Química e Biologia, ao explorar a toxicologia de metais pesados, a inibição enzimática e a análise de concentrações em mg/L, em diálogo com parâmetros normativos da Organização Mundial da Saúde. A Estação 3, intitulada “O álcool foi o vilão?”, aprofunda-se no metabolismo do etanol e no papel das coenzimas, integrando relações de causa e efeito bioquímicas à capacidade de análise crítica dos discentes. Na Estação 4, o foco recai sobre a homeostase celular e o transporte ativo, mobilizando o conceito de osmose e a relação entre gasto energético e equilíbrio iônico. Já na Estação 5, “Quanto de álcool foi ingerido?”, predominam os cálculos matemáticos aplicados à toxicologia, como densidade, massa e dose em g/kg, que se articulam ao conceito de DL50. Por fim, a Estação 6, ao propor “Qual é a causa mais provável?”, exige dos estudantes uma análise integrada de dados, mobilizando o raciocínio lógico, a formulação de hipóteses e a argumentação científica baseada em evidências.

Essa estrutura favorece o desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais, pois exige que os estudantes trabalhem de forma colaborativa, dividam tarefas, construam hipóteses e tomem decisões coletivas. Ao mesmo tempo, promove a vivência da pesquisa científica escolar, uma vez que cada estação demanda investigação, análise de dados e integração de informações oriundas de diferentes áreas.

O público-alvo da proposta corresponde a alunos do Ensino Médio, especialmente do 2º e 3º ano, que já possuem repertório mínimo sobre metabolismo celular, química das substâncias e operações matemáticas aplicadas. Para sua realização, são necessários espaços como o laboratório de Ciências, a sala de aula e ambientes multimídia, que podem ser utilizados tanto para a execução das tarefas quanto para a sistematização e socialização dos resultados.

A lista de materiais contempla recursos pedagógicos e lúdicos, como cartolinas, placas de identificação, fichas de investigação, frascos rotulados, crachás, jalecos, além de materiais de apoio impressos ou digitais, que contribuem para a ambientação investigativa e o engajamento dos discentes. Recursos multimídia, como projetor e

efeitos sonoros, também podem ser incorporados para intensificar a experiência. No que se refere à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a proposta mobiliza habilidades específicas da área de Ciências da Natureza e Matemática. Em Biologia, destacam-se habilidades como EM13CNT201 e EM13CNT202, voltadas para a explicação dos processos de obtenção e uso de energia. Em Química, são contempladas competências como EM13CNT301 e EM13CNT304, relacionadas à interpretação de processos químicos e às transformações em sistemas biológicos. Já em Matemática, a atividade envolve habilidades como EM13MAT401 e EM13MAT405, que tratam do uso de conceitos de proporcionalidade, escalas e análise de dados.

Para a futura implementação da atividade com estudantes do ensino médio, planeja-se a utilização de dois instrumentos principais de coleta de dados, visando à triangulação metodológica para uma compreensão robusta da experiência pedagógica. O primeiro instrumento é o diário de campo do pesquisador, uma ferramenta potente para a investigação qualitativa que permite o registro sistemático de observações (Bogdan; Biklen, 1994). O diário será estruturado para capturar descrições objetivas das interações, discussões e estratégias de resolução de problemas dos estudantes, bem como notas reflexivas que conectam essas observações a conceitos teóricos como engajamento e aprendizagem colaborativa.

O segundo procedimento é a análise documental dos "laudos finais" produzidos pelas equipes de estudantes (Knechtel *et al.*, 2020). Esses relatórios serão tratados como artefatos autênticos que revelam a capacidade dos alunos de sintetizar informações, construir argumentos coerentes e aplicar conceitos científicos (Knechtel *et al.*, 2020). A combinação dos dados do processo (diário de campo) com os dados do produto (laudos) permitirá validar cruzadamente os achados, oferecendo uma visão mais completa e fidedigna do impacto da intervenção.

Os dados qualitativos provenientes dos diários de campo e dos laudos finais poderão ser analisados sistematicamente por meio da Análise de Conteúdo (Bardin, 2021). Este método foi escolhido por seus procedimentos rigorosos, que permitem o tratamento objetivo de dados textuais em pesquisas educacionais. A análise dos dados coletados por meio do diário de campo do professor e dos laudos finais dos alunos – a serem produzidos e analisados após o desenvolvimento da proposta – poderá auxiliar na avaliação da ação pedagógica "CSI: Investigação Celular" no ensino de metabolismo celular.

A expectativa é que a imersão na narrativa de investigação forense, com os

estudantes assumindo o papel de "peritos", resulte em um nível elevado de engajamento. A gamificação intrínseca à proposta, ao transformar o conteúdo em um "caso a ser resolvido", deverá despertar a curiosidade e a motivação.

Destaca-se também que os laudos finais a serem produzidos pelas equipes deverão evidenciar a mobilização de conceitos de biologia, química e matemática para a resolução do problema. A capacidade de conectar as informações obtidas nas estações temáticas (Análise Morfológica, Laudo Toxicológico, Análise Ambiental e Bioquímica do Metabolismo) para formular um diagnóstico fundamentado poderá demonstrar o desenvolvimento do raciocínio lógico-científico. Por exemplo, a relação entre a presença de etanol nas "amostras" e a alteração da morfologia celular poderá ser consistentemente identificada pelos grupos, indicando uma compreensão integrada do processo metabólico e seus impactos. Com a estrutura da atividade em equipes de "peritos" espera-se promover o trabalho colaborativo e a comunicação. Os alunos deverão discutir as pistas, compartilhar interpretações dos textos-base e, em conjunto, elaborar as hipóteses para o "caso". Essa dinâmica demonstrará a pertinência da abordagem PBL, que coloca o problema como catalisador para a interação social e a construção coletiva do conhecimento (Berbel, 1998). A necessidade de apresentar um "laudo final" coeso incentivará a organização e a síntese das informações dentro dos grupos.

Embora a coleta de dados sobre a percepção dos discentes seja baseada na observação do professor e, se possível, em instrumentos avaliativos diretos realizados pelos alunos, espera-se que seja perceptível o entusiasmo e a satisfação expressos durante e após a atividade. A vivência da experiência em um contexto investigativo e lúdico deverá minimizar a sensação de complexidade inerente ao tema do metabolismo celular, favorecendo uma aprendizagem mais fluida e prazerosa. Este aspecto reforça a ideia de que a contextualização e a problematização de conteúdos abstratos podem otimizar o processo de ensino-aprendizagem, tornando-o mais significativo e memorável.

A estrutura modular das "estações de investigação" e a adaptabilidade da narrativa para diferentes contextos e conteúdos conferem à atividade um certo potencial de replicabilidade. Em termos mais simples, isso significa que a forma como a atividade "CSI: Investigação Celular" é organizada, com suas diferentes "estações" ou etapas, permite que ela seja ajustada e utilizada em diferentes situações e temas. A história da investigação pode ser adaptada para se encaixar em outros assuntos ou realidades, o que a torna uma ferramenta pedagógica versátil e que pode ser reproduzida em vários

cenários.

Considerações finais

Neste texto, apresentamos a elaboração de uma proposta educacional com reflexões sobre sua implementação. A ação pedagógica "CSI: Investigação Celular" é uma iniciativa interessante que articula a Aprendizagem Baseada em Problemas e a Gamificação para o ensino de metabolismo celular, um tema complexo para estudantes da Educação Básica. Espera-se que sua estrutura promova uma aprendizagem efetiva, engajando os estudantes na integração de conhecimentos de Biologia, Química e Matemática para solucionar um problema autêntico e estimulante. A criação da proposta "CSI: Investigação Celular" representa um produto educacional que pode enriquecer o processo de ensino e aprendizagem na educação básica e, simultaneamente, qualificar a formação de futuros professores de Ciências Biológicas, Matemática e Química, auxiliando-os na elaboração de propostas educacionais alinhadas às demandas contemporâneas.

No contexto do Programa Licenciador, planejar essa ação pedagógica foi uma experiência valiosa para a formação dos envolvidos, mobilizando e aprimorando conhecimentos para a docência. A discussão futura sobre as limitações, desafios e potencialidades após a implementação da ação oportuniza novos aprendizados e uma possível reestruturação. A participação na elaboração da proposta contribuiu para o repertório de práticas inovadoras na educação básica, alinhando-se a um ensino mais dinâmico e contextualizado.

Agradecimentos: Agradecemos à PRENAE pelo apoio financeiro, LICENCIAR, e ao Instituto Federal do Maranhão (IFMA) pela infraestrutura e suporte institucional.

Referências:

ARAÚJO, Inês. Gamificação. *In*: CARVALHO, Ana Amélia A. **Metodologias Ativas e Tecnologias Educacionais Digitais**. São Luís: Editora Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), 2022. p. 36-39.

BACICH, Lilian; MORAN, José (orgs.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2017. Disponível em:

https://www.google.com.br/books/edition/Metodologias_Ativas_para_uma_Educa%C3

[%A7%C3%A3o/TTY7DwAAQBAJ](#). Acesso em: 30 set. 2025.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011.

BERBEL, Neusi Aparecida Navas. A problematização e a aprendizagem baseada em problemas: diferentes termos ou diferentes caminhos? **Interface: Comunicação, Saúde, Educação**, v. 2, n. 2, p. 139-154, 1998. <https://doi.org/10.1590/S1414-32831998000100008>

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Portugal: Porto Editora, 1994.

KNECHTEL, Maria do Rosário, et al. Análise documental: metodologia de investigação científica. **Cadernos da FUCAMP**, v. 19, n. 43, p. 93-107, 2020. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2356>. Acesso em: 29 set. 2025.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de ensino de biologia**. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

LIBÂNEO, José Carlos. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994.

SOUZA, Jeferson de Menezes; FERREIRA-SILVA, Alice. Gamificação como ferramenta de avaliação formativa no ensino remoto de química. **Revista Prática Docente**, v. 7, n. 1, e013, 2022. <https://doi.org/10.23926/RPD.2022.v7.n1.e013.id1372>.

VIGARIO, Ana Flávia.; CICILLINI, Graça Aparecida. Os saberes e a trama do ensino de Biologia Celular no nível médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 25, n. 1, p. 57-74, 2019. <https://doi.org/10.1590/1516-731320190010005>.