

BIOLOGIA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: ANÁLISE COMPARATIVA DE DEFINIÇÕES DE CONCEITOS CIENTÍFICOS POR CINCO IAs GENERATIVAS NO ENSINO MÉDIO

Amanda Vale de Deus Pinna¹, Waldiney Mello²

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil
(nandavalepinna@gmail.com)

²Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

Resumo: Este trabalho analisa como diferentes inteligências artificiais (ChatGPT, Gemini, Perplexity, DeepSeek e Manus) definem conceitos biológicos abordados no segundo ano do Ensino Médio. Foram avaliados onze termos essenciais quanto à correção científica, clareza, confiabilidade e aplicabilidade pedagógica. Os resultados indicam que, embora úteis e imbuídas de grande potencial, as IAs requerem mediação docente para evitar lacunas conceituais e promover um aprendizado crítico.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Ensino de Ciências e Biologia; Ensino Médio; Divulgação Científica

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o campo educacional vem enfrentando transformações profundas, impulsionadas, sobretudo, pela inserção de tecnologias digitais no cotidiano escolar, tais que modificaram as relações, comunicação e aprendizado (Da Costa e Prado, 2015). Essas inovações, antes restritas ao uso de computadores e dispositivos móveis, evoluíram rapidamente para formas mais complexas de interações e acesso à informação, como pode ser visto com o uso das inteligências artificiais (IAs) generativas. Essas ferramentas têm se popularizado amplamente entre estudantes e professores, sendo alvos de críticas e elogios (Cardoso, 2023) e utilizadas para pesquisa, elaboração de textos, resolução de problemas e como fontes de definição e explicação de conceitos científicos.

A inteligência artificial generativa refere-se a sistemas capazes de produzir conteúdo textual, visual ou sonoro a partir de comandos denominados prompts, tais que são interpretados pela IA e geram uma resposta para a demanda exigida. Exemplos notórios de IAs incluem o ChatGPT (desenvolvido pela OpenAI), Gemini (do Google), Perplexity, DeepSeek e Manus. Essas plataformas foram construídas a partir de modelos de linguagem de larga escala (LLMs), alimentadas por grandes volumes de dados, que as permitem elaborar respostas que se propõem a imitar a comunicação humana com coerência e fluidez (Blikstein et al., 2023).

No contexto escolar, incluindo o segmento do ensino médio, essas ferramentas vêm sendo cada

vez mais exploradas como recursos para estudo autônomo. Alunos recorrem às inteligências artificiais para esclarecer dúvidas, revisar conteúdos, sintetizar leituras e construir trabalhos. No entanto, o uso indiscriminado e sem orientação desses programas pode gerar problemas que devem ser considerados e analisados criticamente. As IAs, embora impressionantes em sua capacidade linguística, não garantem a precisão científica nem a adequação didática das informações que fornecem. O risco de simplificações excessivas, omissões ou até mesmo erros conceituais representa um desafio para a formação científica de qualidade (Leite, 2024), especialmente para alunos que ainda estão construindo a sua bagagem cultural e de conhecimentos.

A disciplina de Biologia, por sua vez, ocupa um lugar central na construção do pensamento científico escolar. Por meio dela, os estudantes têm contato com estruturas e processos fundamentais da vida, como células, moléculas orgânicas, metabolismo energético, fisiologia, ecologia e evolução (Brasil, 2018). Conceitos como proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas, organelas celulares e processos como a fotossíntese e a respiração celular, frequentemente abordados no segundo ano do ensino médio, exigem não apenas memorização, mas compreensão contextualizada e articulada com o seu cotidiano (Oldoni e De Lima, 2017).

Estudos em didática apontam que para uma aprendizagem efetiva de conteúdos é necessário ter uma clareza conceitual, progressão lógica, uso de analogias e estímulo à curiosidade investigativa (Lima, 2018). No entanto, muitas vezes, os recursos



considerados tradicionais, como é o caso dos livros didáticos e aulas expositivas, não conseguem alcançar todos os perfis de alunos sem o auxílio de outras técnicas complementares (Lopes, 2019). É nesse ponto que as IAs ganham destaque. Por serem interativas, acessíveis e disponíveis em tempo integral, precisando apenas que o estudante tenha um acesso à internet, elas oferecem uma possibilidade de estudo individualizado, adaptável ao ritmo do aluno (Da Silva, 2024).

Entretanto, o uso pedagógico das inteligências artificiais com qualidade depende de diversos fatores: o grau de precisão das respostas fornecidas, a linguagem utilizada, a capacidade de contextualizar exemplos e de motivar e oferecer subsídios para o estudante investigar além da simples resposta ofertada. Se, por um lado, esses programas podem facilitar o acesso à informação e já estão inseridas no cotidiano dos alunos, por outro, podem também reforçar concepções superficiais, estereotipadas ou até mesmo incorretas, especialmente quando utilizadas sem mediação docente ou sem um pensamento crítico por trás (Da Silva, 2024; Leite, 2024).

Considerando essas questões apresentadas, torna-se fundamental investigar como essas ferramentas estão efetivamente “ensinando” biologia e sua eficiência. Que tipo de definição oferecem para os conceitos fundamentais? As respostas são cientificamente corretas? Estão formuladas em uma linguagem acessível ao estudante do ensino médio? Ajudam, de fato, a construir o conhecimento ou promovem uma visão simplificada e descontextualizada?

Pensando nessas perguntas como norte, este trabalho busca, a partir de uma análise comparativa das definições fornecidas por cinco inteligências artificiais diferentes (ChatGPT, Gemini, PerplexityAI, DeepSeek e Manus) para onze conceitos-chave da biologia do segundo ano do ensino médio, avaliar a qualidade dessas definições sob quatro perspectivas: correção científica, clareza e acessibilidade da linguagem, confiabilidade e potencial pedagógico.

Ao final, espera-se contribuir para uma compreensão crítica do papel das IAs no ensino de ciências e biologia, fornecendo uma clareza maior para que professores, gestores e alunos possam utilizar essas ferramentas de forma segura, responsável e efetiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido a partir de uma abordagem qualitativa e comparativa, voltada para a análise das respostas geradas por diferentes plataformas de inteligência artificial. Para isso, foram

selecionadas cinco IAs populares no cenário educacional e digital: ChatGPT (OpenAI), Gemini (Google), PerplexityAI, DeepSeek e Manus. A escolha dessas ferramentas considerou sua acessibilidade pública, facilidade de uso e sua popularidade entre estudantes.

A seleção dos conteúdos a serem avaliados baseou-se em conceitos frequentemente abordados no segundo ano do Ensino Médio na disciplina de Biologia, considerando a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), e nos livros didáticos utilizados na Educação Básica. Foram escolhidos os conceitos para as palavras-chave a seguir: proteína, carboidrato, lipídio, vitamina, sal mineral, mitocôndria, parede celular, cloroplasto, membrana plasmática, respiração celular e fotossíntese. Para padronizar a coleta de dados, foi elaborada uma pergunta única para que todos os conceitos fossem definidos simultaneamente, sendo essa: “Poderia, por favor, me dar as definições para os seguintes conceitos: proteína, carboidrato, lipídio, vitamina, sal mineral, mitocôndria, parede celular, cloroplasto, membrana plasmática, respiração celular e fotossíntese.”. Essa escolha foi justificada por simular o tipo de busca simples e que se espera que seja realizada por estudantes que possam vir a se utilizar de ferramentas de IA.

As respostas geradas por cada IA foram transcritas integralmente no mesmo dia e horário, a fim de evitar variações em função de atualizações nos modelos e foi utilizado um e-mail separado para cadastro em cada uma das plataformas para evitar que pesquisas e treinamentos anteriores afetassem o teor das respostas. Em seguida, os conteúdos foram comparados e analisados segundo quatro critérios: precisão científica, ou seja, verificação da exatidão das informações com base em referências acadêmicas, aulas sobre os temas abordados e livros didáticos; clareza e acessibilidade, ou seja, avaliação da linguagem empregada em termos de complexidade e adequação ao nível do Ensino Médio; confiabilidade, ou seja, se tivemos uma apresentação das fontes de pesquisa de forma clara e explícita; e, por fim, o potencial pedagógico, ou seja, a análise do quanto a definição poderia ser útil no processo de aprendizagem, considerando possíveis equívocos, lacunas ou elementos facilitadores da compreensão.

Com isso, buscou-se compreender não apenas a qualidade das definições, mas também as implicações de seu uso direto por estudantes, sem mediação docente ou pesquisas externas, no contexto do ensino de ciências e biologia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados permitiu mapear padrões de desempenho entre as diferentes

inteligências artificiais no que se refere à definição de conceitos biológicos. Cada definição foi julgada de acordo com os critérios mencionados. Essa atuação permitiu observar variações substanciais no nível de detalhamento, na linguagem empregada, na presença de fontes e na adequação ao perfil do estudante. Os conceitos selecionados abrangem macromoléculas, micronutrientes, estruturas celulares e processos metabólicos, compondo um recorte representativo dos temas exigidos neste estágio escolar. Abaixo, pode-se encontrar a síntese e a discussão dos achados.

3.1 Correção científica

Todas as inteligências artificiais forneceram respostas cientificamente corretas para os conceitos solicitados, sem erros factuais grosseiros. No entanto, o nível de detalhamento e a completude das informações variaram entre os modelos. O ChatGPT, por exemplo, ao definir “proteína”, apresentou: *“Moléculas formadas por aminoácidos que desempenham diversas funções no organismo, como construção de tecidos, transporte de substâncias, defesa e catalisação de reações químicas (enzimas).”* Essa resposta é correta, contempla múltiplas funções da proteína e está de acordo com os livros didáticos, porém não menciona as ligações peptídicas nem as classificações (estruturais, funcionais), o que é algo que aparece nos vestibulares e poderia ser incluído com simplicidade.

Em contrapartida, o Gemini forneceu uma definição mais robusta e complexa: *“Formadas por sequências de aminoácidos ligados por ligações peptídicas. Desempenham funções estruturais (colágeno, queratina), enzimáticas (catalisam reações químicas), transporte (hemoglobina), defesa (anticorpos) e hormonal (insulina).”* A inclusão de exemplos específicos enriquece o conteúdo, e o uso do termo técnico “ligações peptídicas” traz precisão, embora possa dificultar o entendimento sem mediação. Ainda assim, de qualquer forma, ambos os conceitos estão completos e atualizados.

Já o DeepSeek optou por uma definição mais padronizada: *“Macromoléculas biológicas compostas por uma ou mais cadeias de aminoácidos, unidas por ligações peptídicas.”* A objetividade da explicação pode ser útil em atividades de revisão, mas a ausência de exemplos ou uma maior profundidade sobre os termos mais específicos torna a definição menos aplicável em situações de ensino que exigem contextualização ou conexão com o cotidiano dos estudantes.

Em outros casos, como na definição de fotossíntese, a concisão de algumas IAs poderia comprometer a compreensão mais ampla do conceito. O ChatGPT explicou: *“Processo realizado por plantas, algas e algumas bactérias, em que a energia solar é convertida em energia química (glicose), com*

liberação de oxigênio.” Trata-se de uma explicação correta e acessível, mas que omite as etapas do processo como a fase clara e escura, a localização de onde o processo ocorre, ou seja, os tilacoides e estroma dos cloroplastos, e os reagentes envolvidos.

O DeepSeek, por outro lado, forneceu uma versão mais elaborada: *“Processo realizado por cloroplastos em plantas, algas e cianobactérias, que usa energia solar para sintetizar glicose a partir de CO_2 e H_2O , liberando O_2 como subproduto. Equação geral: $6 CO_2 + 6 H_2O + luz \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6 O_2$.”* O uso da equação reforça o conteúdo curricular, e a referência ao cloroplasto como local específico do processo fortalece a construção do conhecimento científico, além de garantir uma resposta com maior nível de complexidade, mas sem obstruir o entendimento.

No entanto, nem todos os modelos mantiveram esse equilíbrio. A definição do Perplexity, apesar de tecnicamente correta, foi mais sintética: *“Processo em que a energia luminosa é convertida em energia química, produzindo glicose a partir de dióxido de carbono e água, liberando oxigênio como subproduto.”* A ausência de informações sobre o local onde ocorre (cloroplasto), a clorofila e as fases do processo reduz o potencial formativo dessa explicação. O Manus, por sua vez, apresentou uma versão mais densa: *“Captura de energia solar e sua transformação em energia química. Utiliza dióxido de carbono e água para produzir glicose e libera oxigênio. Nas plantas, ocorre nos cloroplastos.”* Embora contenha todos os elementos básicos, a forma de apresentação é mais descritiva e formal, exigindo atenção do leitor e podendo ser inadequada a estudantes com menor familiaridade com a linguagem científica.

3.2 Clareza e acessibilidade

No que diz respeito à clareza das explicações e à acessibilidade da linguagem, o ChatGPT se destacou entre os modelos analisados. Sua estrutura textual é direta e fluida, utilizando termos simples e muitas vezes exemplos aplicáveis ao cotidiano escolar. A definição de sal mineral, por exemplo, foi: *“Substâncias inorgânicas importantes para a estrutura do corpo (como ossos e dentes) e para o funcionamento celular (como o transporte de oxigênio e a contração muscular).”* Trata-se de uma formulação funcional, que dialoga com o repertório dos estudantes e associa o conteúdo ao corpo humano, facilitando a assimilação e compreensão.

Por outro lado, o Gemini e o Manus utilizaram termos mais técnicos, como “íons”, “eletrólitos”, “homeostase”, “cofatores” e “regulação osmótica”, o que pode representar um desafio sem o devido apoio docente ou pesquisas adicionais em outras fontes. A definição do Gemini para vitamina, por exemplo, diz: *“Atuam como cofatores em reações*



enzimáticas, auxiliando no metabolismo, crescimento e manutenção da saúde. Podem ser hidrossolúveis ou lipossolúveis.” Embora esteja correta e enriquecida conceitualmente, ela demanda que o estudante compreenda previamente termos como “cofatores” e “solubilidade”, que nem sempre são explorados antes de forma sistemática no currículo escolar.

DeepSeek e Perplexity mantiveram um vocabulário técnico-médio, porém em geral pouco contextualizado. As definições não apresentaram exemplos do cotidiano ou analogias, o que pode dificultar o envolvimento do estudante com o conteúdo.

3.3 Presença de fontes e confiabilidade

Apenas os modelos Perplexity e Manus indicaram, de forma sistemática, a presença de referências externas ou fontes como apoio à resposta, o que representa um diferencial no que diz respeito à confiabilidade e à possibilidade de aprofundamento. No entanto, tais referências foram citadas de forma oculta, sem muito destaque, seja no começo ou no final das respostas oferecidas, sem formatação bibliográfica padronizada.

As demais IAs, ChatGPT, Gemini e DeepSeek, não forneceram fontes diretamente vinculadas às respostas. Isso implica que o professor, ou o próprio estudante, precisaria realizar uma verificação independente das informações para garantir sua fidelidade às fontes científicas.

3.4 Potencial pedagógico

A partir dos dados analisados, é possível afirmar que nenhuma das IAs analisadas é, por si só, suficiente como fonte única de aprendizagem. A maior parte das definições requer algum grau de mediação docente, seja para simplificar o vocabulário, aprofundar a explicação, contextualizar a aplicação dos conceitos ou integrar os conteúdos a outras áreas do conhecimento. O ChatGPT se mostra o mais indicado para atividades autônomas de estudo, pela clareza e completude relativa de suas respostas, mas falha com a ausência de fontes, algo que pode ser percebido e suprido por uma busca externa por parte do aluno, mas que nem sempre pode ocorrer, permitindo que erros sejam assimilados acidentalmente. Já o Gemini e o Manus são modelos mais robustos, porém exigem maior preparo e acompanhamento para que seus conteúdos possam ser devidamente interpretados por alunos do Ensino Médio. DeepSeek e Perplexity se destacam pela concisão, mas perdem em capacidade de engajamento didático.

A comparação entre os modelos também sugere que atividades pedagógicas baseadas na leitura comparada entre diferentes respostas de IA podem ser bastante frutíferas. Os alunos poderiam ser estimulados a comparar as definições fornecidas por

duas ou mais IAs para um mesmo conceito, identificando diferenças, lacunas ou contradições. Além disso, poderiam reformular as definições com suas próprias palavras, aproximando o conteúdo da realidade local ou do repertório cultural do grupo, o que promoveria habilidades como síntese, argumentação e letramento científico.

3.5 Reflexões sobre o uso autônomo

Um aspecto preocupante identificado na análise é que estudantes que utilizarem apenas as IAs como fonte de estudo podem construir compreensões parcialmente ou até totalmente equivocadas sobre certos conceitos. Isso reforça a necessidade de desenvolver competências de letramento digital e científico nas escolas. O professor precisa assumir o papel de guia e mediador do conhecimento digital, ensinando, para além dos conteúdos, os alunos a avaliar criticamente as informações fornecidas por esses programas.

Em contrapartida, o uso pedagógico das inteligências pode ser altamente promissor se incorporado a estratégias de ensino ativo, como a aprendizagem baseada em problemas ou o ensino por investigação, pautando a construção do conteúdo a partir das informações coletadas permitindo que o aluno assuma um maior protagonismo e autonomia sobre seus estudos. Nesse sentido, as IAs devem ser vistas não como fontes finais nem como substitutoras das aulas tradicionais ou da figura do professor, mas, da mesma forma que outras ferramentas que podem ser usadas como metodologias ativas, como instrumentos complementares (Nagib e Silva, 2019) para provocar a dúvida, fomentar a busca e desenvolver o pensamento crítico.

CONCLUSÃO

A presente análise demonstrou que as inteligências artificiais generativas, quando solicitadas a definir conceitos biológicos presentes no currículo do segundo ano do Ensino Médio, apresentam variações significativas em termos de estrutura textual, grau de aprofundamento, clareza linguística, apresentação de fontes e adequação pedagógica. Todas as cinco IAs analisadas (ChatGPT, Gemini, DeepSeek, Perplexity e Manus) foram capazes de oferecer definições conceitualmente corretas, o que indica que, em um primeiro nível, essas ferramentas podem ser consideradas fontes confiáveis de informação factual.

Entretanto, os resultados evidenciam que a qualidade didática das definições fornecidas é heterogênea e nem sempre adequada ao nível de compreensão dos estudantes. Enquanto modelos como o ChatGPT se destacaram pela clareza e objetividade, com definições acessíveis e exemplos



cotidianos, outros modelos como o Gemini e o Manus adotaram uma linguagem mais técnica e extensa, apropriada para usuários com maior familiaridade com o vocabulário científico. Modelos como o DeepSeek e o Perplexity apresentaram respostas concisas e corretas, mas com menor contextualização, o que pode limitar a aprendizagem significativa.

Outro ponto relevante foi a presença (ou ausência) de referências externas. Apenas os programas Perplexity e Manus indicaram fontes associadas às definições, ainda que sem sistematização bibliográfica. Isso levanta uma questão importante sobre a transparência das informações e a possibilidade de os usuários verificarem a origem dos dados apresentados, tal que deveria ser um aspecto fundamental para o desenvolvimento do letramento científico e da autonomia intelectual.

Nesse cenário, é possível perceber a importância do papel do professor como mediador indispensável no uso de inteligências artificiais no contexto educacional. Nenhuma das IAs analisadas faz distinção de público por si só, sem que isso seja explicitamente dito no prompt, nem adapta automaticamente suas respostas ao nível de ensino do destinatário de suas respostas. Por isso, seu uso direto por estudantes do ensino médio pode tanto favorecer a aprendizagem quanto gerar confusões conceituais, caso as pesquisas sejam realizadas sem o suporte e orientação adequados. O uso pedagógico das IAs, portanto, deve ser planejado com intencionalidade, considerando o momento da aprendizagem, os objetivos da aula e o perfil da turma.

Além disso, com base no que foi visto, pode-se dizer que há um potencial dessas ferramentas se usadas para apoiar a construção do conhecimento, especialmente quando integradas a metodologias ativas de ensino, por exemplo. A proposta de comparar definições de diferentes IAs, reescrevê-las com as próprias palavras dos alunos ou usá-las como ponto de partida para debates ou contextualizações pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades de análise crítica, síntese e comunicação.

Conclui-se, dessa forma, que as IAs analisadas são recursos complementares promissores para o ensino de Ciências Biológicas no Ensino Médio, desde que seu uso esteja inserido em práticas pedagógicas fundamentadas, reflexivas e orientadas. Futuras investigações podem explorar o impacto do uso dessas ferramentas em situações reais de sala de aula, considerando indicadores de compreensão conceitual, motivação dos estudantes e desenvolvimento de competências científicas e digitais.

REFERÊNCIAS

BLIKSTEIN, Izidoro; FERNANDES, Manoel; COUTINHO, Marcelo. A inteligência artificial na comunicação corporativa. GV-executivo, v. 22, n. 2, 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018.

CARDOSO, Fábio Santos et al. O uso da Inteligência Artificial na Educação e seus benefícios: uma revisão exploratória e bibliográfica. Revista Ciência em Evidência, v. 4, n. FC, p. e023002-e023002, 2023.

DA COSTA, Nielce Meneguelo Lobo; PRADO, Maria Elisabette Brisola Brito. A Integração das Tecnologias Digitais ao Ensino de Matemática: desafio constante no cotidiano escolar do professor. Perspectivas da Educação Matemática, v. 8, n. 16, 2015.

DA SILVA, Adriano. Educação 4.0 Como a Inteligência Artificial Está Redefinindo o Ensino. EaD & Tecnologias Digitais na Educação, v. 12, n. 17, p. 96-106, 2024.

LEITE, Bruno Silva. Análise da inteligência artificial ChatGPT na proposição de planos de aulas para o ensino da química. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 23, n. 3, p. 473-497, 2024.

LIMA VERDE, Eudócio Soares. Didática e seu objeto de estudo. Teresina: EDUFPI, 2018.

LOPES, L. C. O uso de recursos didáticos na motivação da aprendizagem em ciências. 2019. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Naturais)-Universidade de Brasília, Planaltina-DF, 2019.

NAGIB, Leonardo de Rezende Costa; SILVA, Denise Mendes da. Adoção de metodologias ativas e sua relação com o ciclo de vida e a qualificação docente no ensino de graduação em ciências contábeis. Revista Contabilidade & Finanças, v. 31, p. 145-164, 2019.

OLDONI, Josiani Fátima Weimer Baierle; DE LIMA, Barbara Grace Tobaldini. A compreensão dos professores sobre a alfabetização científica: perspectivas e realidade do ensino de ciências. ACTIO: Docência em Ciências, v. 2, n. 1, p. 41-59, 2017.