



**INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA
CAMPUS CABEDELO
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

ALUYLKEN TEIXEIRA DE CÁSSIA

**GERAÇÃO DE RECURSOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DE GENÉTICA:
POTENCIAL DA IA GENERATIVA NA PRODUÇÃO DE HQs**

CABEDELO-PB

2025



**INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA
CAMPUS CABEDELLO
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

ALUYLKEN TEIXEIRA DE CÁSSIA

**GERAÇÃO DE RECURSOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DE GENÉTICA:
POTENCIAL DA IA GENERATIVA NA PRODUÇÃO DE HQs**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) - Campus Cabedelo, como requisito para conclusão do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientador: Dra. Maria Angélica Ramos da Silva

CABEDELLO-PB

2025

Dados Internacionais de Catalogação – na – Publicação – (CIP)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB

C345g Cássia, Aluylken Teixeira de.

Geração de recursos pedagógicos no ensino de genética: potencial da ia generativa na produção de HQS. /Aluylken Teixeira de Cássia. - Cabedelo, 2025.
55f. il.: color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB.

Orientador(a): Profa. Dra. Maria Angélica Ramos da Silva.

1. Inteligência Artificial Generativa. 2. Histórias em quadrinhos. 3. Ensino de genética. 4. Engenharia de Prompt. 5. Educação e tecnologia.

I. Título.

CDU 004.8

FOLHA DE APROVAÇÃO
ALUYLKEN TEIXEIRA DE CÁSSIA

**GERAÇÃO DE RECURSOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO DE GENÉTICA:
POTENCIAL DA IA GENERATIVA NA PRODUÇÃO DE HQs**

APROVADA EM: 14/07/2025

Cabedelo, 24 de Julho de 2025.

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
MARIA ANGELICA RAMOS DA SILVA
Data: 29/09/2025 22:01:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Dra Maria Angélica Ramos da Silva
Orientador – Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB



Documento assinado digitalmente
VERONICA PEREIRA BATISTA
Data: 02/10/2025 14:04:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profª. Ms Verônica Pereira Batista
Membro interno – Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB



Documento assinado digitalmente
TARCISIO JOSE DOMINGOS COUTINHO
Data: 01/10/2025 08:21:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr Tarcísio Coutinho
Membro externo – Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB

*Dedico este trabalho a minha mãe, que
durante essa jornada seu esforço e suor fez
oásis em meio a muitos desertos.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar eu agradeço a Deus por estar no controle de tudo e me fazer lembrar que nada foge dos seus planos, onde a vontade dEle é sempre boa, perfeita e agradável. De maneira pessoal, devo eternos agradecimentos a minha família, minha mãe. Professora por profissão e exemplo de mãe, sempre esteve com os seus joelhos dobrados para que os meus estivessem sendo guiados por Deus. Seus esforços foram para que eu pudesse caminhar e conseguir concretizar o caminho até aqui. Agradeço que sem os seus ensinamentos eu não seria nada do que sou hoje e com certeza não olharia para educação com o olhar que tenho hoje. Em especial, eu sou eternamente agradecido aos meus avós que acreditaram em mim quando eu ainda era só uma criança. Honro a memória de vocês e sou grato.

Também em especial agradeço a minha namorada Kawanne Victória, que durante esses últimos meses esteve me apoiando de forma incondicional, sendo minha melhor amiga e dividindo momentos que fazem a diferença com todo o seu suporte. Obrigado por ser lugar onde repousar a cabeça, meu amor!

Nesses agradecimentos, gostaria de externar toda minha gratidão aos participantes do meu percurso acadêmico. Agradeço ao Instituto Federal da Paraíba Campus Cabedelo por todo suporte dado ao longo do caminho, e ao seu corpo docente que faz o curso de Licenciatura em Ciências Biológicas em muitos momentos possuir traços de casa. Como também todo o conjunto de trabalhadores presentes no campus, desde o porteiro até as tias da limpeza que sempre estavam com um sorriso largo no rosto e braços abertos alegrando os dias.

Enfatizo também que todas as oportunidades a mim concedidas formam hoje o profissional que eu sou. As monitorias, projetos de ensino, pesquisa e extensão, eventos e apresentações, só evidenciam a importância do universo acadêmico como um grande suporte para a transformação e profissionalização do ser discente dentro do espaço universitário.

Dentro desse corpo docente, enfatizo a minha imensa gratidão à minha orientadora no campo da pesquisa biológica com ênfase nas pesquisas em genética: a professora Dra Maria Angélica Ramos da Silva, que me fez acreditar em meus sonhos e potencial quando eu era o menos acreditado, e me fez enxergar as oportunidades acadêmicas com outros olhos, além de sempre estar à disposição com muita calma, generosidade e profissionalismo. A professora Angélica certamente é fonte de inspiração para muitos pesquisadores e certamente a quem eu olho com olhar admirado por ser uma mulher extremamente inteligente mas igualmente humilde e com grande coração.

Do mesmo modo, eu sou imensamente grato a quem chamo de minha orientadora no campo da pesquisa educacional: a professora Ms Verônica Pereira Batista. Verônica me fez enxergar luz em momentos de escuridão e foi amparo durante muitos momentos nesse percurso, se mostrando sempre com grande gentileza, imenso coração, conversas enriquecedoras e sorriso alegre. Sua contribuição pedagógica ultrapassa as barreiras da figura engessada de um professor e vão além com uma práxis reflexiva do seu fazer docente. Certamente é hoje minha referência no campo da pesquisa educacional a quem posso chamar de amiga. Obrigado, Verônica. Obrigado por tanto.

Ainda dentro dos meus agradecimento, faço jus a pessoa do professor Dr Thiago Leite de Melo Ruffo, a quem durante o caminhar do curso se mostrou grande como pessoa e me mostrou caminhos que engrandeceram a minha jornada como futuro docente.

Não poderia deixar de citar pessoas que fizeram parte desse trilhar, como por exemplo a minha turma composta por pessoas maravilhosas. Miguel, que foi um grande parceiro, amigo pra todas as horas e esteve em grandes aventuras durante esses 4 anos. Menciono

também: Esthefane Almeida, Ruth Fernandes e Clara Xavier, que por longo tempo estiveram nos perrengues da vida universitária e ao trio incrível composto por Anna Beatriz Lemos que sempre salvou com os cafês, Carla Pessoa e Vanessa Lima fazendo a dupla imbatível de sempre. Menciono também os meus colegas do grupo gepmasha, especialmente, Bianca Souza, Luan Lima e as alunas egressas Ana Vitória Dantas e Ana Maria Barbosa. Por fim, menciono a pessoa da aluna egressa Gabriela Alves, que, enquanto esteve presente, pode fornecer auxílio, boas risadas e foi amiga em tempos difíceis. Sem esquecer também faço meus agradecimentos a amigos próximos como Murilo Ian e a pessoa de Matheus Vicente, os dois são fontes de inspiração para mim e os tenho com muito apreço.

*“Eu sou a continuação de um sonho, da
minha vó, do meu vô, de quem sangrou pra
gente poder sorrir.”*

- Abebe Bikila

RESUMO

A presente pesquisa investigou o potencial da Inteligência Artificial Generativa (IAGen) na criação de histórias em quadrinhos (HQs), voltadas ao ensino de Genética no Ensino Médio, buscando compreender como formas de engenharia de *prompts* impactam na qualidade pedagógica dos materiais produzidos. Partindo de uma abordagem qualitativa com caráter exploratório e descritivo, foram elaboradas HQs em três modalidades: uma com roteiro autoral manual, outra com uso de *prompt* simples e uma terceira com *prompt* estruturado aplicado em modelos de linguagem (LLMs) como o ChatGPT. A metodologia adotada privilegiou a criação de produtos educacionais mediados por tecnologia, avaliados qualitativamente com base em critérios como fidelidade científica, clareza conceitual, criatividade narrativa e adequação ao público-alvo. O estudo mostrou que a IA Generativa, quando utilizada com intencionalidade e domínio técnico, pode ser uma ferramenta potente para a produção de recursos didáticos inovadores, porém, sua eficácia depende da mediação crítica do educador. A pesquisa ainda reafirma que o papel docente continua essencial no uso pedagógico dessas tecnologias, relatando a necessidade de habilidades para o manuseio das ferramentas digitais contemporâneas como a IAGen, e senso sobre ética digital e curadoria de conteúdo. Diante disso, o uso da inteligência artificial generativa na educação não elimina o papel do professor. Ao contrário, exige sua presença ativa, ética e crítica na mediação do conhecimento. Quando operada com responsabilidade, sensibilidade e intencionalidade, a IA pode se tornar uma aliada no enfrentamento dos desafios do ensino de Genética, contribuindo para a criação de materiais mais acessíveis, envolventes e conectados com o universo dos estudantes.

Palavras-chave: Inteligência Artificial Generativa, Histórias em Quadrinhos, Ensino de Genética, Engenharia de *Prompt*, Educação e Tecnologia

ABSTRACT

This research investigated the potential of Generative Artificial Intelligence in the creation of comic books aimed at teaching Genetics in high school, seeking to understand how different forms of *prompt* engineering impact the pedagogical quality of the materials produced. Based on a qualitative approach with an exploratory and descriptive character, comics were developed in three formats: one using a manually written script, another generated with a simple *prompt*, and a third using a structured *prompt* applied to large language models (LLMs) such as ChatGPT. The adopted methodology prioritized the creation of educational products mediated by technology, which were qualitatively assessed based on criteria such as scientific accuracy, conceptual clarity, narrative creativity, and appropriateness for the target audience. The results showed that generic *prompts* led to visually acceptable materials, but with limited pedagogical value, often characterized by generic language and weak alignment with educational objectives. In contrast, structured *prompts* resulted in comics with higher educational quality, demonstrating greater potential for promoting meaningful learning. The manually created version, in turn, highlighted the importance of teacher authorship by presenting a more contextualized, creative, and relatable language, despite some technical limitations. The study demonstrated that Generative AI, when used with intentionality and technical knowledge, can be a powerful tool for producing innovative didactic resources. However, its effectiveness depends on the educator's critical mediation. Furthermore, the research reinforces the essential role of teachers in the pedagogical use of these technologies, emphasizing the need for digital skills, ethical awareness, and content curation. Thus, the use of generative artificial intelligence in education does not replace the role of the teacher. On the contrary, it requires their active, ethical, and critical involvement in the mediation of knowledge. When used responsibly, sensitively, and intentionally, AI can become an ally in addressing the challenges of teaching Genetics, contributing to the development of more accessible, engaging, and student-centered materials.

Keywords: Generative Artificial Intelligence, Comic Books, Genetics Education, *Prompt* Engineering, Education and Technology.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 Inteligência artificial e educação: conceitos fundamentais e contexto contemporâneo. 14	
2.1.1 Sistema de Tutores Inteligentes (STIs).....	18
2.1.2 Learning Analytics (LA).....	18
2.1.3 Learning Machine Systems (LMS).....	18
2.1.4 Robótica Educacional Inteligente.....	19
2.1.5 Inteligência Artificial Generativa.....	19
2.2 Educação no século XXI: desafios, a crise do modelo tradicional e a contribuição do lúdico pela inteligência artificial generativa.....	20
2.3 Histórias em quadrinhos no contexto educacional.....	21
3. METODOLOGIA.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
REFERÊNCIAS.....	44

1. INTRODUÇÃO

O avanço acelerado das tecnologias digitais do século XXI tem impactado profundamente os processos profissionais em diversos segmentos. Essas tecnologias são aplicadas à construção e ao refinamento de habilidades específicas, que se integram em um espaço mais homogêneo e embarcam para um braço estendido do ciberespaço, invadindo assim, esferas como a educação, política, economia e entre outros (Lévy, 2022). A área de Inteligência Artificial (IA) tem apresentado avanços notáveis, sendo atualmente aplicada na solução de diversos problemas tecnológicos. Grande parte do sucesso atual da IA pode ser atribuída às técnicas de Aprendizado de Máquina, com destaque para as Redes Neurais Artificiais (Ludemir, 2021).

Os processos educacionais nessa contemporaneidade, vêm exigindo a revisão de práticas pedagógicas e a incorporação de novas ferramentas para mediar o ensino e a aprendizagem (Souza; Silva, 2024). Entre essas inovações, destaca-se a Inteligência Artificial Generativa (IAGen), um ramo da inteligência artificial capaz de produzir textos, imagens, áudios e outros conteúdos de forma autônoma a partir de comandos humanos, com base em modelos de linguagem de larga escala (LLMs), como o ChatGPT, da *OpenAI*, e o NotebookLM, do *Google* (Lévy, 2022). Essas tecnologias fundamentadas em redes neurais profundas, e agregam potencialmente a forma como conteúdos são criados e consumidos, inclusive no campo educacional, considerando o contexto da revolução 4.0 (Schwab, 2017; Casa, 2023).

No contexto do Ensino Médio, e mais especificamente no ensino de Genética, disciplina frequentemente percebida pelos estudantes como abstrata e de difícil compreensão (Araújo; Gusmão, 2017). A IAGen surge como uma alternativa promissora para a construção de materiais didáticos mais acessíveis, envolventes e personalizados (Carvalho, 2024). A criação de recursos como histórias em quadrinhos (HQs), por meio de técnicas de elaboração de comandos (*prompts*) e modelagem narrativa, permite integrar linguagem visual e textual de modo articulado, favorecendo a aprendizagem significativa e aproximando o conteúdo científico do cotidiano dos alunos (Ausubel, 1980).

Contudo, a utilização da IAGen no ambiente escolar ainda enfrenta desafios importantes, como a carência de formação docente sobre o uso pedagógico dessas

tecnologias, as limitações éticas relacionadas à originalidade e à curadoria do conteúdo gerado por essas tecnologias e, bem como a dependência de infraestrutura digital adequada diante de um cenário, por vezes, precário que representam barreiras a serem reconhecidas e superadas (Santos, 2024). Além disso, observa-se o risco de uma aplicação superficial ou meramente instrumental dessas ferramentas, sem intencionalidade pedagógica comprometendo seu potencial educativo.

Nesse cenário, este trabalho parte do seguinte argumento central: a adoção crítica e criativa da Inteligência Artificial Generativa como recurso pedagógico pode transformar positivamente o ensino de Genética no Ensino Médio, desde que seu uso seja mediado por práticas intencionais e fundamentadas nas metodologias ativas, promovendo o protagonismo estudantil e favorecendo a construção de conhecimento com significado (Mossim, 2024). Ao explorar comparativamente a criação de HQs com e sem o uso de IAGen, pretende-se não apenas compreender os limites e possibilidades dessa tecnologia no contexto escolar, mas também fomentar práticas docentes inovadoras, coerentes com os desafios e expectativas da educação no século XXI. Com base nesse recorte, esta pesquisa apresenta os seguintes objetivos:

OBJETIVO GERAL:

- Analisar como a Inteligência Artificial Generativa pode ser utilizada na produção de histórias em quadrinhos para o ensino de Genética no Ensino Médio, promovendo aprendizagem significativa e o engajamento dos estudantes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Gerar HQs por meio de *prompts* simples e avançados em LLMs como o ChatGPT;
- Comparar materiais didáticos produzidos com e sem uso de IA Generativa, a partir de HQs elaboradas de forma tradicional e HQs geradas com *prompts* simples e avançados em LLM como o ChatGPT;
- Analisar qualitativamente os materiais produzidos com base em critérios como clareza conceitual, criatividade narrativa, fidelidade científica e adequação pedagógica;
- Refletir criticamente sobre os usos e limites da IA no contexto educacional.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Inteligência artificial e educação: conceitos fundamentais e contexto contemporâneo

A inteligência artificial (IA) apresenta-se como ferramenta de transformação para diversas áreas do conhecimento, com aplicações na economia, na política, na educação, na agronomia, entre outras, abarcando, dessa forma, várias disponíveis da sociedade. Para McCarthy (1955) a IA seria a ciência de produzir máquinas inteligentes. É evidente a transformação proposta pelo avanços tecnológicos que acompanham e que compõe a IA, nas quais as máquinas contribuem não somente para trabalhos, que por si só podem ser não automatizados, mas desenvolvidos também com um raciocínio lógico que está disposto a transformar paradigmas já existentes (Ludemir, 2021).

Entretanto, vale destacar que o pensamento computacional — ou mais precisamente a ideia do desenvolvimento da inteligência artificial — é muito antiga, e antes mesmo de Alan Turing. O pensamento místico sobre inteligência artificial que está para além da humana, já estava presente em outras culturas, o que pode ser observado em ideias como as do pensador medieval Ramon Llull, do século XIII com sua *Ars Magna*, onde já se pensava sobre um aprendizado mecânico porém de maneira racional, ou da criação de máquinas de xadrez por Leonardo Torres y Quevedo (McCorduck, 1977).

Avançando para o século XX, os trabalhos de Alan Turing (1950), propôs desenvolver o famoso Teste de Turing, onde uma comunicação mediada por computador teve o objetivo de observar se em determinada situação o ser humano passaria despercebido diante de uma máquina. Pretendia-se, descobrir se o computador conseguiria ludibriar o ser humano, caso a máquina tivesse sucesso nesse diálogo, observaria dessa forma um indicativo positivo para o aprendizado de máquina (Lévy, 2022; Russel, 1995).

Para compreender os primórdios do desenvolvimento humano e do pensamento relacionados a IA, é fundamental notar que o próprio termo "Inteligência Artificial" surgiu mais tarde, sendo cunhado em 1956 durante uma conferência nos Estados Unidos, demarcando suas raízes na ciência da computação (Vicari, 2018). Este evento que se tornou um marco no campo da inteligência Artificial e reuniu nomes importantes que estavam atuantes nesse segmento, como por exemplo os nomes de: John McCarthy, Marvin Minsky,

Nathaniel Rochester e Claude Shannon, figuras cruciais para o avanço científico dessa área (McCorduck, 1977).

Os estudos nessa esfera tecnológica desdobram-se em diversas vertentes, como a mineração de dados, as redes neurais e a geração de texto. Este último, em particular, representa o que pode ser classificado então como IA interativa, cujas aplicações são comumente observadas hoje, difundidas por empresas como *OpenAI* e *Google*, que já operam no mercado em larga escala. Dessa forma, é evidente a crescente influência e as novas funcionalidades do ciberespaço contemporâneo estão ligadas de forma direta ao progresso tecnológico e científico deste campo de pesquisa (Lévy, 2021; Ludimir, 2021; Giraffa; Santos, 2022).

A inteligência artificial pode ser dividida em dois segmentos: simbólico e estatístico (Lévy, 2022). Nesses segmentos identifica-se como ocorre o avanço computacional proposto no desenvolvimento das ferramentas de inteligência artificial. Ao comparar a IA estatística com a IA simbólica, observa-se que a primeira "aprende com os dados fornecidos", imitando o indutivo raciocínio humano, ainda que de modo imperfeito. Em contrapartida, a IA simbólica não se apoia no aprendizado a partir de dados, mas sim na formalização lógica de um domínio do conhecimento desenvolvido por engenheiros computacionais (Lévy, 2022).

É interessante observar que o aprendizado computacional requer a alocação de conhecimento humano para realização e avaliação operacional dessas ferramentas. Sendo assim, os conceitos bases para a formação de aprendizados de máquinas ou qualquer interação racional operacional por IA é baseada em áreas correlatas à da computação, como a matemática (Russel, 1995).

Dessa forma, o raciocínio lógico é elementar ao falarmos sobre IA, além disso suas estruturas de linguagem e segmentação por estruturas da semântica utilizadas se tornam bases fundamentais para a IA, ou seja a representação e o raciocínio do conhecimento são indispensáveis na construção e demonstração de comportamento inteligente, tornando-se pilares para qualquer IA (Suave, 2024).

A execução desse comportamento racional requer um agente inteligente que reconhece o ambiente e responde de forma adequada a cada situação, O que faz o aprendizado de máquina ser diferente é que este agente se torna mais autônomo quando exposto a dados que antes não estavam incorporados ao seu plano original (Turing, 1950). O *deep learning*, utiliza dessa base de entrada e saída, ou seja: reconhecimento e resposta, por meio de redes neurais que inspiradas em neurônios biológicos possuem múltiplas camadas, e aprendendo diretamente com grandes volumes de dados (Lévy, 2022).

A capacidade desse sistema torna-se robusta, destacando-se como uma ferramenta que compreende linguagem, imagens, falas e padrões humanos. Assim, entende-se que as formas de Inteligência Artificial são atribuídas e desenhadas com o máximo de dados operacionalizados pelas máquinas. O *deep learning* é atributo de grandes empresas e ferramentas tecnológicas utilizadas por uma parcela significativa da sociedade, a exemplo, podemos citar IAs que simulam e modulam falas humanas, ou que modelam designs, inovando cada vez mais (Suave, 2024; Lévy, 2022).

A inteligência artificial moderna vive grande ascensão com o advento do aprendizado profundo e de métodos orientados por dados, onde os meios utilizados são eficazes para lidar com o “ruído” dos dados do mundo real. As capacidades da IA moderna impulsionadas pelo aprendizado profundo, estendem-se além da simples análise para modelagem de síntese de dados e entendimento de fenômenos complexos, utilizando-se das redes adversárias generativas (GANs) e modelagem generativa profunda aplicada ao entendimento de linguagem naturais (Lévy, 2022). Essa capacidade de gerar novas saídas aprendidas por dados e novas integrações, como sugestões de design a exemplo dos Autoencoders Variacionais, são componentes essenciais e definidores do que hoje se entende por IA Generativa, evidenciando sua relevância para a modelagem de comportamentos humanos complexos e a criação de novas formas de interação homem-máquina.

Conforme demonstrado, a Inteligência Artificial transcende as fronteiras tecnológicas e se estabelece como uma força disruptiva em inúmeros setores (Suave, 2024; Santaella, 2023).

No entanto, é no campo da educação que seu potencial transformador assume uma relevância ímpar, prometendo redefinir não apenas os processos de ensino-aprendizagem, mas também o papel de educadores e alunos, surgindo bem do que apenas uma ferramenta mas com instrumento integrador de ações pedagógicas que visem transformar a educação. Uma educação que ao entender os avanços tecnológicos, demanda cada vez mais recursos que potencializam o trabalho de alunos e professores (Azevedo; Campos 2025).

Diante desse cenário, é possível aprofundar a análise sobre como o aprendizado de máquinas para o setor educacional se transformou num vetor de mudanças. Para isso, Morán (2015) dialoga sobre novos ideais que precisam estar em progressão dentro do contexto educativo, com uma mudança que embora seja progressiva e gradual, explore caminhos tecnológicos e explorem melhor o ciberespaço fazendo consonância com a educação. Anteriormente, a argumentação de Lucia Santaella (2010) já reforça as conexões digitais

entre o humano e a máquina, criando um espaço que se estende o mundo material para o ciberespaço.

A autora ainda destaca que essa relação se torna cada vez mais intrínseca ao entender que os espaços virtuais permeiam o ambiente humano do acesso para a conexão contínua, configurando uma nova estrutura social e estruturando os vínculos do espaço-tempo e atingindo o pensamento humano (Santaella, 2010). Esse ciberespaço citado pela pesquisadora, emerge de um cenário cultural analógico para o digital, onde se expressa agora como um espaço virtual livre e informal, permitindo a articulação de variados tipos de conteúdos como: texto, imagem e áudio em uma linguagem mais tecnológica, favorecendo a interação entre sistemas humanos e não humanos.

Ao pensar dessa forma, toma-se consciência que a era digital se estende como mais um lugar para além do ambiente material, tornando de certa forma, o uso indispensável de tecnologias do século XXI como a Inteligência Artificial, já presentes como um ambiente integrado em variados sistemas e softwares de mercado. Nesse sentido, Pierre Lévy (2000) alega que esse ciberespaço não é apenas uma rede de computadores, mas um verdadeiro lugar de comunicação, tendo um papel de extensão humana para interação e catalisação de novos conhecimentos.

Desse modo, a educação, compreendida como espaço intrinsecamente ligado ao desenvolvimento humano, social e tecnológico, estabelece uma ponte essencial para as inovações contemporâneas. Dentro desse contexto, a Inteligência Artificial surge como pilar fundamental, oferecendo suporte e integrando vários processos pedagógicos. Essa aliança não apenas expande as fronteiras do aprendizado, mas também redefine as metodologias e as comunicações disponíveis dentro do ambiente educacional. A exemplo disso Schleicher (2020), destaca que a incorporação da inteligência artificial na educação cria uma aprendizagem mais pertinente e adaptável ao mundo cheio de mudanças e desafios.

A estrutura atual do nosso sistema educacional precisa incorporar novas diferenças tecnológicas e utilizar métodos que incentivem a geração de conhecimentos e competências que capacitem crianças e adolescentes para lidar com os desafios que o futuro prenuncia (Vicari, 2018). Nesse contexto, destaca-se a quarta Revolução Industrial, conceito designado por Klaus Schwab (2017). Ela, sob a perspectiva tecnológica, representa a fusão das tecnologias dos mundos digital, físico, biológico (Schwab, 2017). O rompimento das fronteiras entre os universos contemporâneos, material e biológico é o que influencia esse período (Schwab, 2017).

Sendo assim, a iminência de um momento atual cada vez mais tecnológico é explícito em diversas áreas do conhecimento. Em paralelo, a Inteligência Artificial aplicada à educação revela-se campo vasto de pesquisa e aplicabilidade destes para a IA. Aplicada à esfera educacional, esta ciência se torna multidisciplinar com infinitas possibilidades, destacando-se como ferramenta versátil para finalidade de ensino-aprendizagem que visa ao protagonismo do educando. Dentre essas aplicabilidades destacam-se sistemas listados a seguir que fazem o uso da IA.

2.1.1 Sistema de Tutores Inteligentes (STIs)

Os Sistemas de Tutores Inteligentes (STIs) são frequentemente citados como um dos maiores feitos da Inteligência Artificial (IA) no campo educacional. Seu objetivo principal é desenvolver e melhorar programas de computador que interagem com estudantes e docentes. Os STIs têm um papel fundamental no suporte ao processo de aprendizado, ajudando os alunos com questões, corrigindo tarefas e acompanhando seu progresso de maneira personalizada (Castellani et al., 2024).

2.1.2 Learning Analytics (LA)

O *Learning Analytics* (LA) é uma área que coleta e analisa dados educacionais para aprimorar o processo de ensino e aprendizado. Combinado com a Inteligência Artificial (IA), o LA possibilita a personalização do ensino, a melhoria de avaliações, a previsão de riscos de abandono escolar e o suporte a docentes e administradores, por meio de ferramentas como tutores inteligentes e plataformas adaptáveis. No entanto, essa sinergia suscita questões éticas fundamentais sobre privacidade, viés algorítmico e a função da tecnologia no processo de aprendizagem humana (Leitner, 2022).

2.1.3 Learning Machine Systems (LMS)

Segundo Araújo e Marquesi (2008), um Sistema de Gestão de Aprendizagem (LMS), atua como um ambiente virtual que simula a experiência de ensino presencial por meio da tecnologia. Nestes sistemas, dispositivos que permitem comunicação síncrona e assíncrona facilitam a interação, possibilitando a aplicação de várias estratégias para incentivar a conversação e o envolvimento ativo dos alunos. Em outras palavras, um LMS pode ser visto como um espaço virtual que procura simular ambientes de ensino presencial por meio da Tecnologia da Informação, à exemplo observamos o Moodle como modelo dessa tecnologia.

2.1.4 Robótica Educacional Inteligente

A Inteligência Artificial (IA) vem se estabelecendo como uma ferramenta tecnológica crucial na educação, incorporando-se ao ambiente escolar por meio de várias aplicações. Isso engloba o emprego de robôs, jogos educacionais, programas informáticos, tutores inteligentes e plataformas adaptáveis.

A Inteligência Artificial também permite a personalização de conteúdos e testes, além de proporcionar soluções de acessibilidade, como a transformação de texto em áudio através de movimentos oculares para estudantes com deficiência física e a criação automática de legendas em vídeos para pessoas com deficiência auditiva (Zilli, 2004).

2.1.5 Inteligência Artificial Generativa

A Inteligência Artificial Generativa (IAGen) é uma tecnologia que utiliza técnicas de Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*), que possibilitam que os algoritmos aprendam com grandes volumes de dados, culminando em Redes Neurais Artificiais (RNA) profundas, que, através de várias camadas, tentam mimetizar a complexidade do cérebro humano (Casa, 2023).

Ao contrário dos modelos preditivos, que identificam padrões e fazem previsões, a Inteligência Artificial Generativa tem a capacidade de criar novos conteúdos e originais, utilizando informações da web e dados de redes sociais (Santaella; Kaufman, 2024).

Um evento marcante foi a criação do Chat GPT pela *OpenAI*, em novembro de 2022, representando um marco importante para a IA Generativa e inaugurando uma nova fase de visibilidade para o campo (Unesco, 2024). Segundo a Unesco (2024), a IA Generativa é uma tecnologia de Inteligência Artificial que produz conteúdo de forma automática em resposta a comandos textuais (*prompts*), utilizando interfaces de conversação em linguagem natural, manifestando-se como escrita, geração de imagem, diálogo, filmagens e códigos.

O principal conceito que suporta a IAGen atual é o aprendizado automático não supervisionado sobre redes neurais profundas, embora o aprendizado supervisionado também possa ser usado no ajuste final. Avanços em métodos de aprendizado não supervisionado, capacidade computacional e disponibilidade de dados massivos foram cruciais para as ferramentas atuais de IAGen (Mollick; Mollick, 2023).

2.2 Educação no século XXI: desafios, a crise do modelo tradicional e a contribuição do lúdico pela inteligência artificial generativa

O século XXI impõe à educação o desafio de se reinventar diante de um contexto social, informacional e tecnológico em constante transformação. As estruturas tradicionais da escola, estabelecidas desde o século XIX, mostram-se cada vez mais inadequadas para lidar com as demandas contemporâneas de aprendizagem. O modelo transmissivo, centrado no professor como detentor do saber e no aluno como agente passivo, encontra-se em ruptura com as exigências de um mundo em rede, hiperconectado e saturado de informação (Gómez, 2015; Leclerc, 2015).

Nesse cenário, o espaço escolar não pode mais ser compreendido apenas como o ambiente físico da sala de aula. Como destacam Pierre Lévy (2021) e Lucia Santaella (2020), o ciberespaço emerge como uma extensão do ambiente humano, um espaço onde relações sociais, culturais e cognitivas são estabelecidas e compartilhadas. A escola, portanto, precisa dialogar com esse novo espaço digital e integrar suas linguagens, dinâmicas e possibilidades ao processo de ensino-aprendizagem.

A crise do modelo tradicional também se reflete na desconexão entre os métodos de ensino e a realidade dos estudantes, em especial os chamados "nativos digitais" (Prensky, 2010). Estes alunos cresceram imersos em tecnologias interativas, redes sociais, jogos digitais e conteúdos audiovisuais dinâmicos, desenvolvendo expectativas e formas de aprender que muitas vezes não encontram eco nas aulas tradicionais. A falta de significatividade e de protagonismo no processo educativo contribui para a desmotivação e o baixo engajamento desses estudantes (Gómez, 2015).

Como resposta a esse contexto de desafios, ganha força a incorporação da ludicidade no processo ensino-aprendizagem. A abordagem lúdica busca criar experiências de aprendizagem que configuram um percurso prazeroso, envolvente e significativo, deslocando o foco do ensino para a aprendizagem, e colocando o aluno como protagonista de sua formação.

Autores como Dewey, Freire, Moran e Ausubel, por meio das metodologias ativas, valorizam a experiência, a resolução de problemas, a reflexão e a construção colaborativa do conhecimento, estabelecendo um paralelo com a ludicidade ao proporem uma ruptura com o ensino tradicional na educação. Dewey defende que o aprendizado significativo ocorre quando o estudante se engaja em atividades relevantes ligadas à sua realidade, facilitando a

vinculação de novos conhecimentos às estruturas cognitivas preexistentes, como reforça Ausubel (1982).

No contexto contemporâneo, a ludicidade no conteúdo pedagógico ganha um reforço crucial com a integração das tecnologias digitais, especialmente da Inteligência Artificial Generativa (IAGen). As ferramentas baseadas em LLMs, como o ChatGPT e o NotebookLM, têm potencial para dinamizar e personalizar o processo educativo, contribuindo com a criação de materiais mais atrativos, acessíveis e contextualizados para os estudantes.

Ao permitir a geração de textos e imagens a partir de *prompts* textuais, a IAGen oferece condições ímpares para que educadores e, mais significativamente, os próprios estudantes, desenvolvam recursos pedagógicos lúdicos e interativos, como as Histórias em Quadrinhos (HQs), de forma mais autônoma e criativa (Kishimoto, 1998). No ensino de Genética, uma área complexa e frequentemente abstrata para os alunos do Ensino Médio, esses recursos podem facilitar a compreensão de conceitos através de narrativas visuais, dramatizações e *storytelling* científico (Gonçalves, 2022; Ausubel, 1982).

Portanto, o elo entre a ludicidade e as tecnologias baseadas em IAGen representa uma via promissora para superar os limites do ensino tradicional. A utilização pedagógica da IAGen não deve ser vista como substitutiva da atuação docente, mas como uma mediação potente para promover engajamento, personalização e criatividade no processo de ensino-aprendizagem. Quando usada com intencionalidade e criticidade, a IAGen pode se tornar uma aliada poderosa na formação de sujeitos autônomos, reflexivos e preparados para os desafios de uma sociedade em constante transformação (Azambuja; Silva, 2024).

2.3 Histórias em quadrinhos no contexto educacional

A linguagem verbo-visual ocupa um lugar estratégico no ensino e aprendizagem, sobretudo quando se busca romper com práticas puramente expositivas e superar o modelo de “educação bancária” (Freire, 1980). A combinação entre imagem e palavra amplia as possibilidades de interpretação e promove uma experiência cognitiva mais rica. Essa abordagem, ao contrário da linguagem verbal isolada, favorece a apreensão do conteúdo por envolver múltiplas formas de percepção e estimular diferentes modos de leitura (Silva, 2018).

Dessa forma, em sala de aula, recursos pedagógicos com apelo visual e estrutura narrativa menos rígida tendem a envolver os estudantes com maior facilidade, ou seja, quando há presença de elementos gráficos que dialogam com o texto, a compreensão se torna mais acessível e o engajamento aumenta. As HQs, com sua linguagem, contribuem

significativamente para essa dinâmica, promovendo não só a formação do senso crítico, mas também a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem (Camargo & Rivelini-Silva, 2017).

O uso da linguagem verbo-visual também mobiliza os alunos a estabelecerem relações entre o que está explícito e o que precisa ser inferido. É nesse movimento de interpretação que a aprendizagem se aprofunda. A leitura de imagens, antes marginalizada nos contextos escolares, tem sido reconhecida como um processo legítimo de construção de sentidos e, mais do que isso, como uma forma de estabelecer diálogo entre texto e leitor (Silva, 2018)

A presença dos quadrinhos em contextos formais de avaliação, como exames nacionais, confirma a sua potência comunicativa. Esses elementos gráficos articulados com o discurso verbal, não apenas ilustram, mas conseguem traduzir conceitos com mais concretude do que outras representações, como gráficos ou esquemas (Santos, 2011). Isso mostra que os quadrinhos não apenas atraem, mas comunicam com profundidade a sua mensagem.

O que hoje se conhece como história em quadrinhos tem origem na chamada arte sequencial. A organização proposital de imagens em sequência constrói narrativas que mobilizam linguagem visual, textual e simbólica. A partir desse arranjo, são transmitidas informações, ideias e emoções, numa linguagem que, embora de difícil definição conceitual, é de fácil reconhecimento cultural (McCloud, 2005). A partir desse entendimento que se compreende a aplicação das histórias em quadrinho dentro no contexto educacional.

Essa forma de comunicação tem sido usada não apenas para entreter, mas também como ferramenta de crítica, sátira e posicionamento social. Ademais, a linguagem gráfica dos quadrinhos é capaz de veicular mensagens explícitas ou sugeridas, o que a torna versátil e potente em contextos educativos (Luyten, 1987). Por sua linguagem acessível e identificação com o cotidiano, como sugere Freire (1980), os quadrinhos atingem públicos diversos e provocam reflexão, aproximando o leitor das temáticas abordadas, tornando-se aplicáveis nos contextos de ensino médio (Santos; Neves, 2023).

A popularização dos quadrinhos acompanha o avanço da tecnologia de impressão. A partir da invenção da imprensa, narrativas visuais antes restritas a elites puderam ser reproduzidas em larga escala, promovendo uma democratização da imagem e permitindo que artistas como Rodolphe Töpffer, por exemplo experimentassem a combinação entre texto e ilustração de forma inovadora, consolidando as bases do que se entende hoje como Histórias em Quadrinhos (McCloud, 2005). Quando as imagens apresentadas são próximas do universo

do leitor, a mensagem é assimilada com mais facilidade, pois há uma identificação espontânea com aquilo que se vê e se entende (Eisner, 2010).

Dentro do contexto institucional, a legitimidade dos quadrinhos como recurso pedagógico também encontra respaldo legal e institucional. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) reconhece, desde 1996, a importância das diversas linguagens no processo educativo, incluindo as formas verbais e não verbais, como as presentes nas histórias em quadrinhos (Santos; Vergueiro, 2012). Embora a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) não mencione diretamente o uso de HQs na área de Ciências da Natureza, o documento valoriza a multisssemiose, que compreende a integração de diferentes linguagens, funcionando como estratégia didática relevante (Brasil, 2018).

No ambiente escolar, o uso de quadrinhos tem se mostrado eficaz ao combinar aspectos estéticos, narrativos e informativos. Por meio deles, é possível abordar temas diversos sem perder a densidade do conteúdo e ainda criar narrativas operacionalizadas para o contexto do aluno. A fusão entre texto e imagem favorece a construção de significados de maneira clara e envolvente (Pierro, 2018). Além de facilitar a compreensão, essa linguagem atrai o interesse de públicos diversos, contribuindo para a aprendizagem mesmo fora do ambiente escolar.

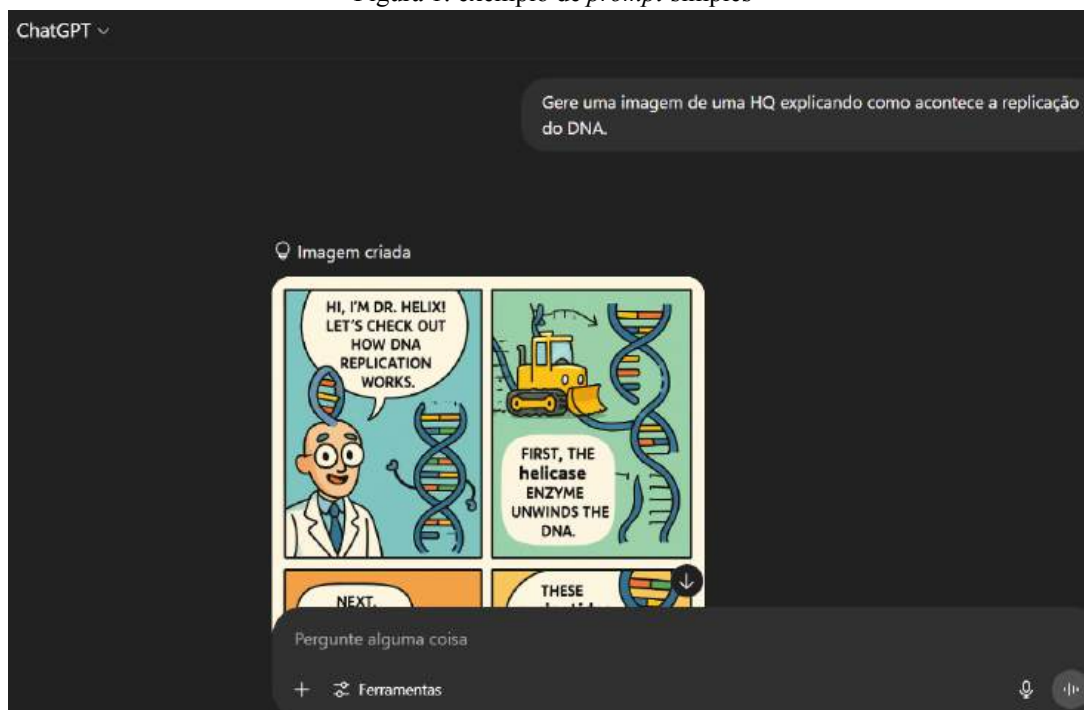
No ensino de Biologia, os quadrinhos se destacam por estimular o pensamento crítico e proporcionar um modo alternativo de explorar os conteúdos científicos. Sua aplicabilidade não se restringe a temas específicos, o que os torna versáteis em diferentes etapas da formação dos estudantes (Carvalho, 2019). Da mesma forma, o uso das histórias em quadrinhos mostram uma estratégia lúdica eficaz no ensino de Genética, contribuindo para aulas envolventes, promovendo maior interação, facilitação e compreensão dos conteúdos por parte dos alunos e ilustrando os processos biológicos (Gonçalves, 2022). Integrar quadrinhos ao contexto educacional vai além de seguir uma tendência, mas trata-se de reconhecer sua potência como linguagem híbrida, que comunica, provoca e estimula.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa está fundamentada em uma abordagem qualitativa, com foco na pesquisa exploratória e descritiva, articulada ao caráter reflexivo. A característica principal da pesquisa exploratória é a exposição descritiva das possíveis variáveis inerentes a um fenômeno que se quer conhecer. Este tipo de pesquisa é amplamente descritiva e necessita que o pesquisador domine os artifícios necessários para aprofundar aquilo que se está estudando, e dessa forma ter êxito na análise do objeto de conhecimento investigado. Outro ponto importante é entender que a pesquisa exploratória segmenta suas variáveis de forma quantitativa ou qualitativa em consonância com os objetivos do trabalho (Marconi; Lakatos, 2010).

A proposta centra-se na geração, prototipagem simples e prototipagem estruturada com análise crítica de materiais didáticos mediados por Inteligência Artificial Generativa (IAGen) com ênfase na produção de histórias em quadrinhos (HQs) voltadas ao ensino de Genética no Ensino Médio. Diferentemente de pesquisas que se baseiam na aplicação de instrumentos com sujeitos, este estudo se dedica à elaboração de produtos pedagógicos contemporâneos e à avaliação de seu potencial educativo por meio de critérios qualitativos.

Figura 1: exemplo de *prompt* simples



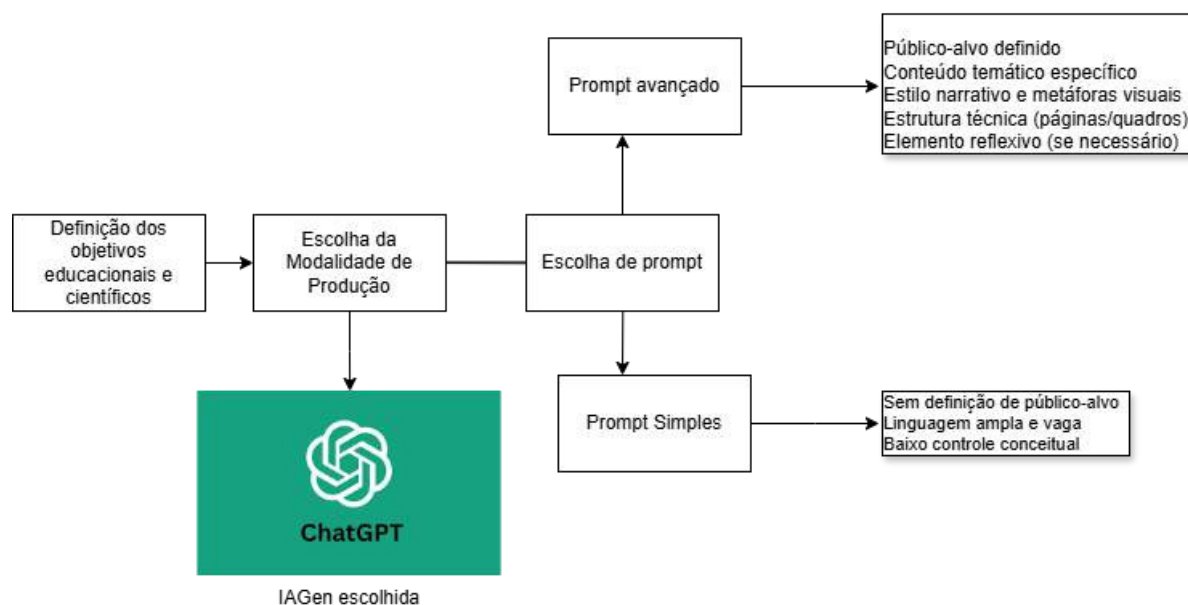
Fonte: elaborado pelo autor, 2025.

Foram produzidas HQs em três modalidades: uma versão tradicional, sem o uso de inteligência artificial, construída a partir de roteiro previamente elaborado de forma manual, e

versões mediadas por Inteligência Artificial Generativa (IAGen), nas quais se explorou o uso de modelos de linguagem (LLMs) como o ChatGPT para a geração dos quadrinhos, utilizando tanto *prompts* simples (Figura 1), quanto *prompts* avançados (Figura 2), que foram estruturados com maior precisão, incluindo informações com o público-alvo, os objetivos didáticos, o estilo narrativo e os aspectos técnicos da composição visual.

A etapa de criação dos materiais mediados por IA exigiu a aplicação sistemática da engenharia de *prompt* para a geração das HQs. Nesse contexto, os *prompts* avançados compreenderam 5 elementos: Público alvo definido, conteúdo temático específico, Estilo narrativo com metáfora visuais, estrutura técnica do quadrinho e elemento reflexivo se necessário (Figura 2). A engenharia de *prompt* compreendida como o processo de formulação de comandos otimizados que orientam os modelos generativos na produção de conteúdos coerentes, relevantes e pedagogicamente adequados (White et al., 2023; Prompting Guide, 2024). Inspirado na abordagem de desenho de *prompt* (Lúcio, 2025), esse processo foi desenvolvido de forma interativa e centrada no usuário.

Figura 2: Fluxograma das etapas para a geração de HQ



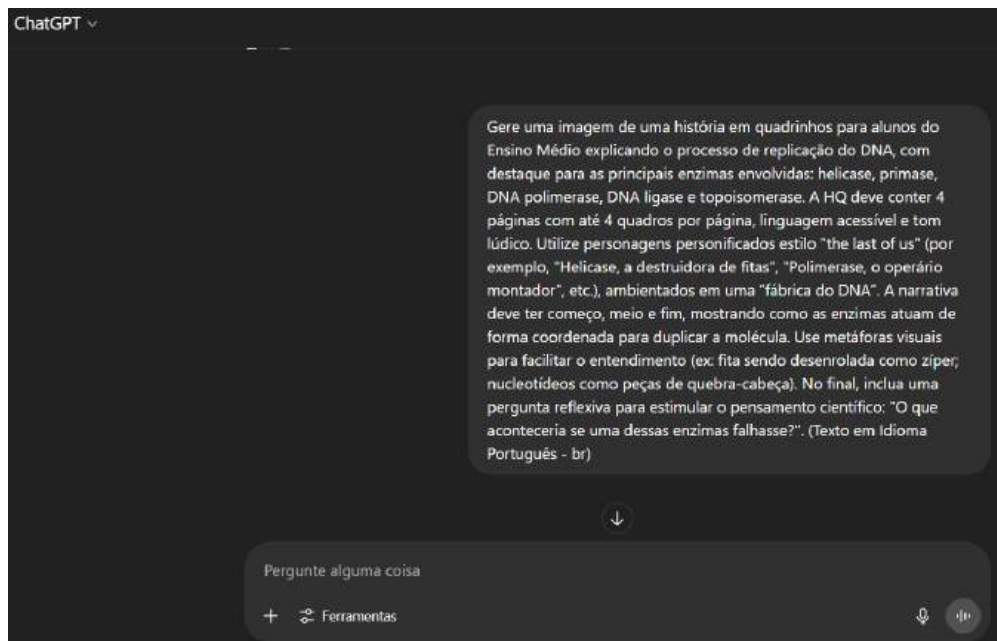
Fonte: Elaborado pelo autor (2025) via draw.io.

Com base na metodologia exemplificada, foram delineadas três modalidades principais de HQs para uma análise comparativa: HQ manual (HQM), HQ generativa com *prompt* simples (HQG-PS) e HQ generativa com *prompt* estruturado (HQG-PSE).

As ferramentas utilizadas para a produção dos quadrinhos consistiram em programas web. Para a criação da HQM, foram utilizados o Pixton e Canva nas versões gratuitas, além

de roteiro e esboços digitalizados. Para a HQG-PS os *prompts* foram elaborados de forma genérica (Figura 1), sendo utilizado exclusivamente a ferramenta ChatGPT versão gratuita disponibilizada pela OpenAI foi utilizada. Para a criação da terceira modalidade HQG-PE, foram empregadas a plataforma do ChatGPT e o desenhos de *prompts* estruturados.

Figura 3: Exemplo de *prompt* estruturado



Fonte: Gerado por ChatGPT, 2025.

A análise dos materiais foi realizada de maneira qualitativa e comparativa, por meio da análise do conteúdo produzido pela IAGen e do exame crítico das HQs produzidas nas diferentes modalidades: HQ semi manual e com uso da IA. Essa análise fundamentou-se em referenciais da didática da Biologia, considerando fidelidade ao conteúdo científico, a criatividade narrativa, a adequação à linguagem e à faixa etária, bem como o potencial pedagógico dos materiais em promover o engajamento e a aprendizagem significativa dos estudantes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A atual pesquisa resultou em recursos pedagógicos gerados por inteligência artificial generativa. A tabela 1 sintetiza a estrutura dos materiais produzidos. A produção da HQs seguiu uma lógica comparativa, que é vista em três modalidades principais de HQs para o ensino de genética, sendo elas: HQ Manual (HQM) com roteiros e arte elaborados de forma tradicional, HQ generativa com *Prompts* Simples (HQG-PS) gerada a partir de comandos simplificados e genéricos; HQ Generativa com *Prompts* Estruturados (HQG-PE) gerada a partir de comandos elaborados seguindo critérios pedagógicos e narrativos, com linguagem acessível.

Tabela 1 - Estrutura comparativa dos materiais em HQ produzidos

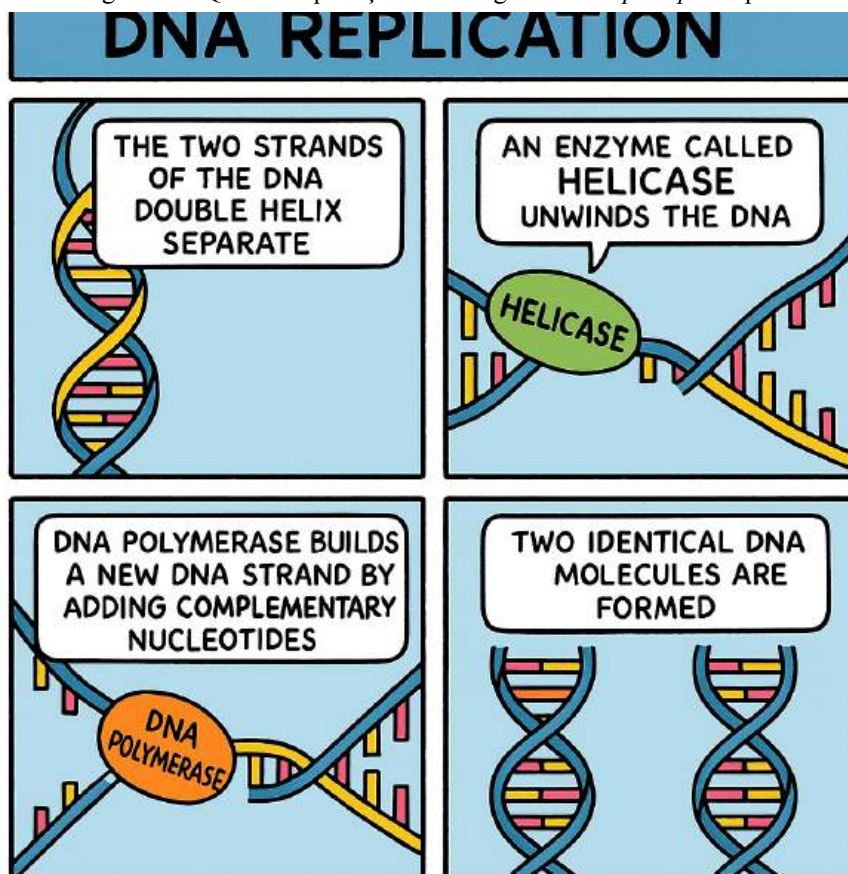
Modalidade	Número de Páginas	Número de Quadros	Técnicas Empregadas	Ferramentas Usadas
HQM	4	18	Desenho digital e escrita criativa artesanal	Pixton + Canva + papel digitalizado
HQG-PS	5	22	<i>Prompt</i> simples em IA, layout manual	ChatGPT
HQG-PE	6	24	<i>Prompt</i> avançado, roteirização com base em objetivos pedagógicos	ChatGPT + Desenho de <i>Prompt</i>

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Para a análise das imagens geradas por meio da Inteligência Artificial Generativa (IAGen), especialmente aquelas criadas a partir de *prompts* simples, foram definidos critérios avaliativos específicos. Esses critérios incluem: clareza conceitual (nível de compreensão das ideias representadas), fidelidade criativa (coerência entre o *prompt* e a imagem gerada), criatividade narrativa (originalidade e fluidez visual da história) e adequação pedagógica (pertinência do conteúdo em relação aos objetivos educacionais propostos).

Observou-se que dentro desses parâmetros as histórias em quadrinhos que foram geradas a partir de um *prompt* genérico sem nenhuma contextualização pedagógica apresentaram clareza conceitual reduzida e criatividade limitada mostrando-se inadequadas para o ensino, conforme ilustrado nas figura 4, 5 e 6.

Figura 4: HQ sobre replicação do Dna gerada com *prompt* simples



Fonte: gerado pelo autor via ChatGPT (2025).

A ideia gerada desta história em quadrinhos através de HIA-PS, resulta em formas mais genéricas em relação a conceitos biológicos e suas formulações dos processos genéticos não atingem um potencial satisfatório para traduzir o abstrato em HQs (Figura 4), porém com clarezas visuais sobre o assunto de genética em relação a replicação de DNA e suas enzimas, porém, observa-se que a geração através do *prompt* produziu os quadrinhos em língua inglesa, exigindo uma etapa adicional de tradução e adaptação.

Dentro dos padrões e adequação conceitual biológica, o quadrinho formado cita apenas as enzimas DNA Polimerase e Helicase e conseguem por meio de forma lúdica trazer os aspectos do processo envolvido com a replicação do DNA. Entretanto, na figura 1 ainda observamos que o design proposto é mais genérico devido ao *prompt* ordenado no seu Input.

A primeira versão que foi elaborada pela IAGen, foi realizada com um *prompt* simples, conforme pode-se observar no quadro 1 a seguir.

Quadro 1. Análise crítica de um *prompt* simples

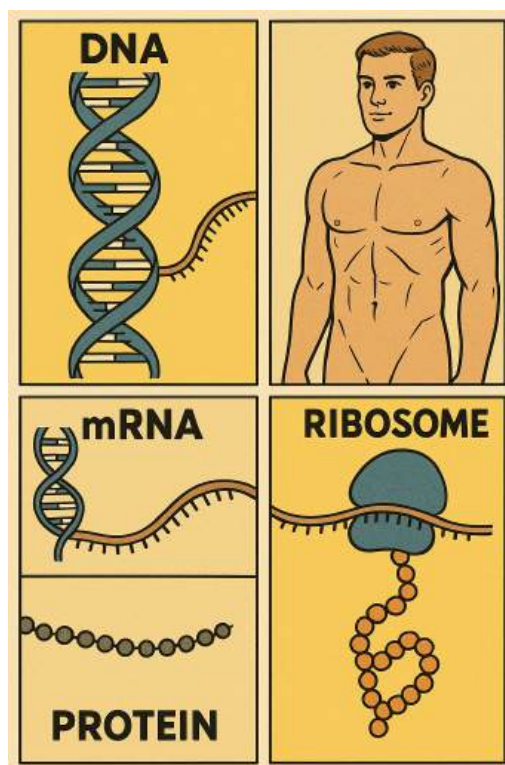
Prompt Input: Gere uma imagem de uma HQ explicando como acontece a replicação do DNA.” (p. 23)

Output Result Crítica: “O resultado visual é genérico e pouco pedagógico. A ausência de detalhes sobre o público-alvo, estilo e conteúdo científico compromete a fidelidade e a aplicabilidade didática.”

Fonte: Autoria própria, 2025.

A instrução que foi utilizada para a ferramenta se baseia em um comando mais genérico e o resultado mostrou-se visualmente agradável, mas apresentou falhas significativas em termos de aplicabilidade didática representadas pelas figuras 5 e 6.

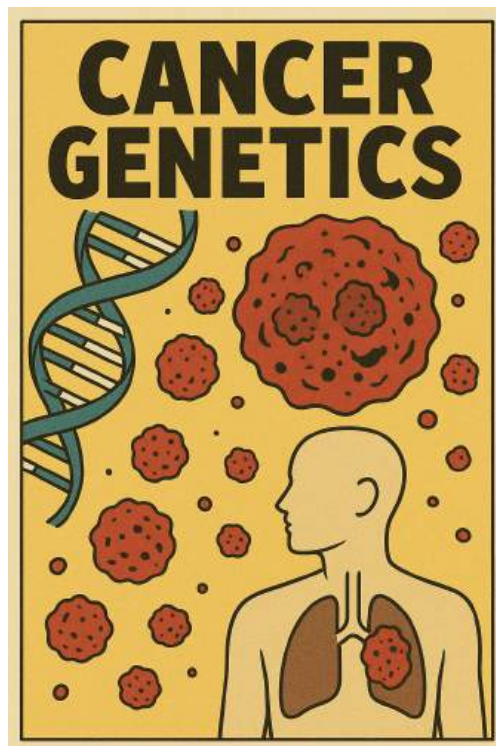
Figura 5: Exemplo de HQ sobre transcrição gerada por *prompt* simples.



Fonte: gerado pelo autor via ChatGPT (2025).

As HQs geradas com *prompt* simples (Figuras 5 e 6) demonstraram ausência de organização narrativa, uso genérico de personagens e metáforas pouco eficazes para fins de ensino.

Figura 6: Exemplo de HQ sobre genética do câncer gerada com *prompt* simples.



Fonte: gerado pelo autor via ChatGPT, 2025

A falta de indicação do público-alvo, da linguagem esperada e dos conceitos científicos essenciais resultou em uma HQ com baixo controle conceitual e limitada utilidade pedagógica. Em contrapartida, a geração com um *prompt* estruturado e criterioso (Quadro 2) produziu resultados significativamente superiores.

Quadro 2. Análise crítica de um *prompt* estruturado

Prompt Input:

“Gere uma imagem de uma história em quadrinhos para alunos do Ensino Médio explicando o processo de replicação do DNA, com destaque para as principais enzimas envolvidas: helicase, primase, DNA polimerase, DNA ligase e topoisomerase. A HQ deve conter 4 páginas com até 4 quadros por página, linguagem acessível e tom lúdico. Utilize personagens personificados estilo ‘The Last of Us’ (por exemplo, ‘Helicase, a destruidora de fitas’), ambientados em uma ‘fábrica do DNA’. A narrativa deve ter começo, meio e fim, com metáforas visuais (zíper, quebra-cabeça) e uma pergunta reflexiva ao final.” (p. 24)

Output Result Crítica: *“Esse prompt bem estruturado resultou em uma HQ rica, clara e envolvente. A personificação das enzimas e a ambientação lúdica tendem a aumentar o engajamento e favorecer a aprendizagem significativa.”*

Fonte: Autoria própria, 2025.

O comando incluía orientações sobre linguagem acessível, número de quadros por página, uso de metáforas visuais e a personificação das enzimas envolvidas no processo de replicação do DNA, em um ambiente fabril lúdico. O resultado foi uma História em Quadrinhos rica em elementos de ludicidade e pedagógicos.

Figura 7: HQ *prompt* avançado tema “anime”.



Fonte: gerado pelo autor via ChatGPT (2025).

A Figura 7 apresenta uma história em quadrinhos (HQ) gerada por meio de Inteligência Artificial Generativa (IAGen), utilizando um *prompt* estruturado com algumas diretrizes pedagógicas e científicas específicas. Intitulada para o assunto da Replicação do DNA, essa HQ ilustra, de maneira lúdica, as principais enzimas envolvidas no processo de duplicação do material genético nas células. A estrutura narrativa da HQ foi elaborada em seis quadros sequenciais, nos quais diferentes personagens, estilizados como operários de uma fábrica, assumem funções simbólicas que correspondem às atividades enzimáticas reais.

No primeiro quadro, a personagem "Helicase" é apresentada como a "destruidora de fitas", metáfora visual que representa sua função de romper as ligações entre as fitas complementares do DNA, iniciando o processo de replicação. No segundo quadro, surge a "Topoisomerase", chamada de “aliviador de tensão”, responsável por evitar o superenrolamento do DNA à frente da forquilha de replicação. Em seguida, o terceiro quadro apresenta a "Primase", que se identifica como a “iniciadora da montagem”, destacando sua função na síntese dos primers de RNA que servirão de ponto de partida para a atividade da DNA polimerase.

Os dois últimos quadros introduzem os personagens "Polimerase" e "Ligase", caracterizados como “operário montador” e responsável por “juntar tudo no final”, respectivamente. Ambos representam, de forma acessível, a etapa de elongação e finalização da replicação, evidenciando o papel da DNA polimerase na adição de nucleotídeos complementares e da DNA ligase na ligação das fitas descontínuas na cadeia atrasada.

A composição visual se utiliza de cores distintas para cada personagem, facilitando de alguma forma a identificação de suas funções e reforçando o processo biológico como uma cadeia colaborativa, similar a uma linha de montagem industrial. Essa analogia traz uma contribuição mais concreta para um conteúdo mais abstrato, possibilitando um melhor entendimento do maquinário biológico.

Além disso, essa HQ conclui com uma pergunta reflexiva: “O que aconteceria se uma dessas enzimas falhasse?”. Essa estratégia estimula o pensamento crítico dos alunos e abre possibilidades para discussões, hipóteses e retomadas do conteúdo em propostas de metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em problemas (ABP). Esse quadrinho evidencia o potencial expressivo e pedagógico da IA Generativa quando utilizada com intencionalidade didática e fundamentação conceitual sólida. A sua criação a partir de um *prompt* mais estruturado demonstra como a IAGen pode ser não apenas um utensílio ilustrativo como também uma parceira na mediação desse conhecimento, contribuindo para a aprendizagem significativa de conteúdos complexos da Genética no Ensino Médio.

A imagem apresentada na Figura 8 integra a série de HQs ainda desenvolvidas com auxílio de Inteligência Artificial Generativa (IAGen). Foi desenvolvida com um *prompt* estruturado, que solicitava, além da construção conceitual e narrativa da replicação do DNA, uma ambientação inspirada no universo estético e dramático de “*The Last of Us*”. O resultado foi a produção de uma HQ com características visuais e tonais mais densas, voltadas para uma atmosfera pós-apocalíptica, em contraste com a leveza lúdica da HQ anterior (Figura 7),

analisada nesta mesma seção, Vale salientar que essas características produzidas pela IA são observadas no mundo que perpassa a própria série.

A composição foi organizada em quatro quadros principais, cada um representando uma enzima-chave no processo de replicação do DNA, com destaque para a ambientação sombria, personagens realistas e metáforas visuais robustas, mantendo, no entanto, coerência científica e potencial didático.

No primeiro quadro, a enzima Helicase pode ser vista como um personagem robusto segurando uma serra elétrica, descrita como “a destruidora de fitas”, em referência direta à sua função de separação das fitas complementares do DNA. Ainda observa-se que a metáfora do zíper é mantida, mas reinterpretada em um contexto visual de tensão e força bruta, alinhado à estética do estilo proposto.

Figura 8: HQ sobre replicação do DNA com *prompt* estruturado (Estilo “*the last of us*”).



Fonte: gerado pelo autor via ChatGPT (2025).

O segundo quadro apresenta a enzima Primase como uma figura estrategista, “a planejadora”, que segura um mapa em alusão ao mapeamento de primers que iniciam a síntese das novas fitas A DNA Polimerase, no terceiro quadro, surge como “o operário montador”, com um visual de mecânico manipulando engrenagens, uma metáfora visual eficiente que remete ao encadeamento dos nucleotídeos.

A construção desse quadrinho sobre uma base escura, com engrenagens, hélices e estruturas genéticas compondo o pano de fundo, dá a ideia de uma “fábrica em ruínas” ou de um laboratório distópico, que combina com o universo dramático de inspiração. Mesmo dentro de uma estética mais densa, a HQ preserva sua finalidade didática ao manter a organização lógica do processo replicativo e os papéis enzimáticos.

Assim como na figura 7, a pergunta é mantida ao final: “O que aconteceria se uma dessas enzimas falhasse?”. Essa pergunta permanece como um convite ao pensamento crítico, incentivando o aluno a revisar os papéis das enzimas e refletir sobre as implicações de eventuais falhas no processo replicativo.

Diferentemente da HQ com abordagem lúdica diferente (Figura 8), esta HQ dramatizada mostra-se especialmente eficaz para públicos jovens, como estudantes do 3º ano do Ensino Médio, que podem se engajar mais profundamente com representações narrativas que se aproximam de universos visuais populares, como séries, jogos e narrativas distópicas. Além disso, promove o exercício de interpretação simbólica e correlação entre ciência e cultura visual contemporânea.

A fim de sistematizar os efeitos didáticos da engenharia de *prompt* aplicada à geração de histórias em quadrinhos com apoio de IAGen, elaborou-se o Quadro 4, que classifica os tipos de comandos utilizados e discute seus impactos na qualidade pedagógica das produções. Essa avaliação considera três dimensões centrais: o nível de detalhamento do *prompt*, a finalidade didática pretendida e os resultados observados nas HQs geradas.

Inicialmente, identificou-se que *prompts* mais genéricos e simplistas, como “Gere uma imagem de uma HQ explicando como acontece a replicação do DNA”, resultaram em imagens ilustrativas com baixo controle conceitual, linguagem genérica e pouca conexão com o público-alvo. Essas HQs apresentaram falhas em termos de fidelidade científica, notando-se, por exemplo, a seleção de apenas algumas enzimas envolvidas nos processos biológicos da replicação do DNA. Dentro desse rigor também é relevante detalhar que as imagens podem ser consideradas inadequadas para representar com clareza a abstração desses mecanismos vistos no conteúdo de Genética. Ao continuar examinando as HQs geradas por *prompts* simples, pôde ser visto que elas promovem pouco engajamento visual, e sua

inadequação didática ocorre pelo não ajustamento à faixa etária dos alunos do Ensino Médio mostrando assim menor utilidade prática no contexto de sala de aula e expressando a limitação do uso da IA sem mediação pedagógica qualificada.

Os *prompts* estruturados, compostos por comandos detalhados com especificações sobre público-alvo, linguagem acessível, estilo narrativo e metáforas visuais, como “fábrica do DNA” e “enzimas como operários”, geraram HQs com alto grau de adequação pedagógica. As narrativas resultantes apresentaram fidelidade científica, criatividade narrativa e aplicação direta em práticas educativas baseadas em metodologias ativas.

O quadro também contempla a produção de HQs sem uso direto de IA, elaboradas manualmente a partir de roteiros autorais. Embora tecnicamente mais limitadas em termos visuais, essas HQs destacaram-se por sua originalidade narrativa e expressividade linguística, demonstrando que o trabalho autoral ainda constitui uma alternativa válida e potente, especialmente em contextos de escassez tecnológica ou quando se deseja produzir materiais com forte identidade cultural.

Por fim, destaca-se um exemplo de *prompt* estruturado que resultou em HQs com metáforas visuais eficazes, como “zíper” para a helicase ou “quebra-cabeça” para a montagem do DNA, além de linguagem próxima da realidade estudantil. Esses materiais evidenciam a capacidade da IAGen de produzir conteúdos personalizados e pedagogicamente relevantes, desde que devidamente orientada por um profissional consciente de seus objetivos educacionais.

Quadro 3. Classificação e Avaliação dos *Prompts* utilizados para Geração de HQs

Exemplos de <i>Prompts</i>	Finalidade Didática	Avaliação Didático Pedagógica
“Gere uma imagem de uma HQ explicando como acontece a replicação do DNA.”	Solicitar imagem genérica sobre o tema “replicação do DNA” para uso didático	Baixo controle conceitual. A imagem gerada é ilustrativa, mas apresenta lacunas científicas e linguagem pouco adaptada ao público-alvo
“Gere uma imagem de uma história em quadrinhos para alunos do Ensino Médio explicando o processo de replicação do DNA, com destaque para as principais enzimas [...] ambientados em	Criar HQ com enredo científico-narrativo, linguagem acessível e personagens metafóricos para ilustrar a função de	Alto potencial pedagógico. A estrutura detalhada do <i>prompt</i> gerou uma HQ cientificamente fiel, com narrativa engajadora e aplicabilidade direta em sala de aula.

uma 'fábrica do DNA' [...] inclua pergunta reflexiva.”	cada enzima no processo de replicação	
Não envolve <i>prompt</i> ; HQ construída a partir de roteiro manual e conhecimento do autor.)	Estimular a criatividade do autor na construção narrativa e visual sem apoio de IA.	Boa abordagem narrativa , mas com limitações visuais e técnicas. Recurso mais subjetivo, porém autêntico e expressivo.
HQs com personagens como “Helicase”, “Topoisomerase”, “Ligase” e metáforas visuais (zíper, fábrica, quebra-cabeça).	Favorecer a compreensão da replicação do DNA usando personificações, metáforas e diálogos lúdicos	Excelente aplicação narrativa da IA com <i>prompts</i> elaborados , mantendo coerência conceitual e linguagem próxima da realidade estudantil

Fonte: elaborado pelo autor, 2024

No que se refere aos resultados desta pesquisa, destaca-se também a produção de HQs de cunho tradicional, baseadas em roteiros elaborados manualmente. As figuras 9 e 10 exemplificam bem essas histórias em quadrinhos. A HQM supracitada, representa uma produção tradicional e híbrida, realizada a partir da combinação de recursos visuais disponíveis nas plataformas Pixton e Canva, com roteiro manual totalmente inédito, concebido pelo autor da pesquisa. Diferentemente das demais HQs analisadas neste trabalho que eram elaboradas por *Large Language Models* (LLMs) com diferentes níveis de sofisticação de *prompt*. Essa versão se destaca por sua liberdade criativa, originalidade textual e um forte componente de expressividade narrativa, com grande apropriação contextual.

A estrutura narrativa da HQ gira em torno da metáfora de uma empresa fictícia chamada "DNA", cuja dinâmica de trabalho representa de forma alegórica o processo de replicação do material genético. As enzimas envolvidas na replicação como: helicase, primase, DNA polimerase e topoisomerase são interpretadas como funções executantes empresariais e trabalhadores simbólicos, enquanto os conceitos técnicos da Biologia Molecular são traduzidos em linguagem coloquial, com forte carga de oralidade e regionalismo.

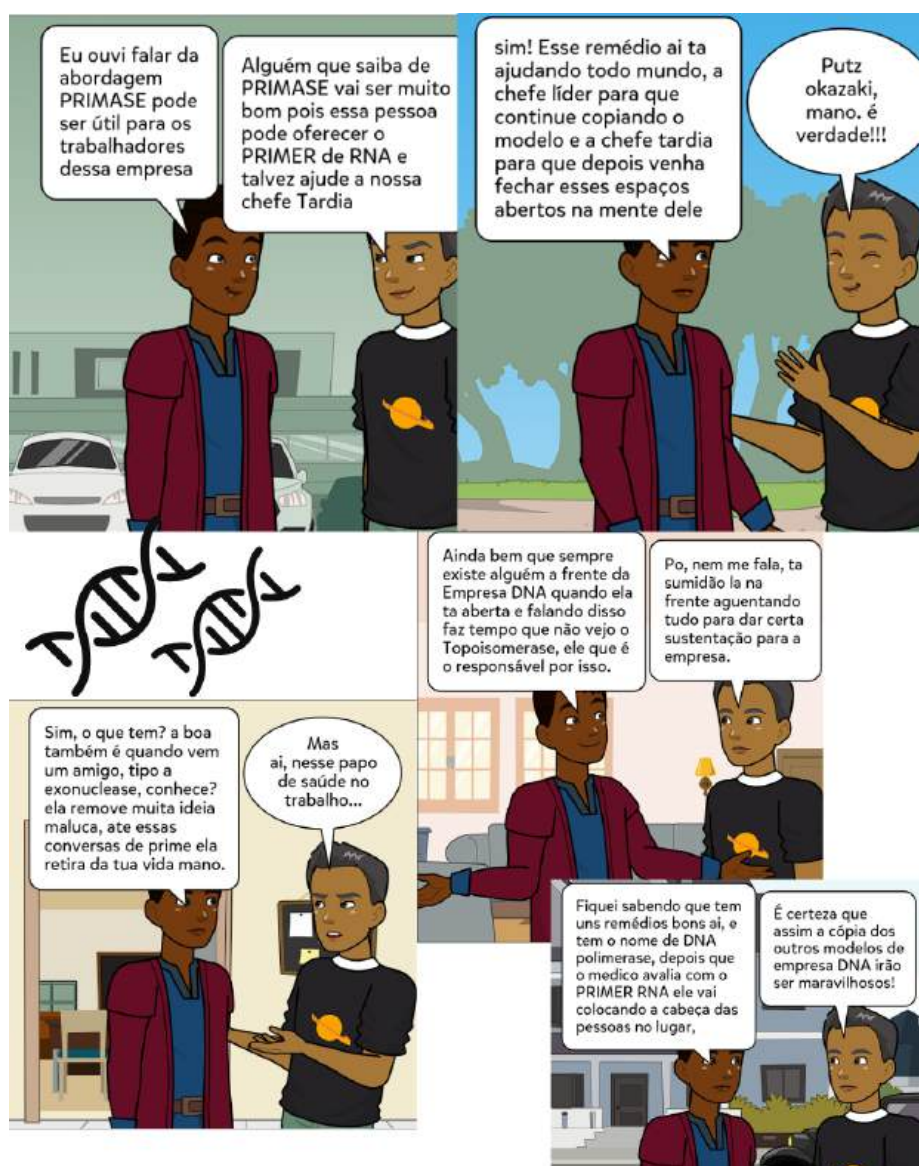
Figura 9: HQ com roteiro autoral.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Um dos destaques mais notáveis desta história em quadrinhos é a criação do enredo original, no qual termos técnicos são inseridos dentro de uma lógica discursiva acessível, por meio de diálogos entre personagens jovens, ambientados em cenários cotidianos (como ruas e ambientes de trabalho). Expressões como "chefe tardia", "empresa DNA", "remédio bom que ajuda a copiar o molde", "turno 3'-5'" ou "Okazaki, mano" exemplificam como o roteiro utiliza analogias criativas para aproximar o conteúdo científico do universo cultural dos estudantes. Essa estratégia promove a ressignificação conceitual, favorecendo a aprendizagem significativa, como defendido por Ausubel (1982).

Figura 10: HQ com roteiro manual.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

O tom narrativo da HQ mostra-se leve e bem-humorado, permitindo ao leitor reconhecer o conteúdo de Genética em situações simbólicas e sociais, estabelecendo conexões entre o abstrato e o cotidiano.

Quadro 4. Comparação com HQs geradas por LLMs.

Aspecto	HQ Manual-Digital com Roteiro Autoral	HQs por LLM (ChatGPT)
Roteiro	Criado integralmente pelo autor	Gerado por IA a partir de <i>prompts</i> textuais

Originalidade e linguagem	Alta, com linguagem regional e contextual	Controlada por parâmetros do <i>prompt</i>
Estilo narrativo	Aberto, humorístico e cotidiano	Didático, lúdico ou dramático
Controle pedagógico	Direto, guiado pelo conhecimento do autor	Dependente do refinamento do <i>prompt</i>
Flexibilidade estética	Limitada ao estilo da plataforma Pixton	Alta (IA pode gerar múltiplos estilos visuais)
Autonomia do autor	Total no roteiro, parcial no design	Baixa no conteúdo textual (dependente da IA)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Embora as HQs geradas por IAs possam apresentar vantagens como consistência estética e fidelidade técnica quando bem orientadas, a HQ manual autoral demonstra um potencial criativo superior, pois permite ao educador explorar narrativas personalizadas, adequadas ao contexto sociocultural dos alunos, e desenvolver enredos que ampliam a abordagem pedagógica para além da explicação linear de conceitos científicos como exemplificado no quadro acima (Ausubel, 1982).

A análise das diferentes HQs produzidas nesta pesquisa evidencia não apenas simples contrastes visuais ou estruturais, mas também revela a complexa relação entre o potencial tecnológico da Inteligência Artificial Generativa (IAGen) e a necessidade de uma curadoria crítica por parte do docente para fins educativos. As discrepâncias observadas não se restringem ao aspecto gráfico, mas adentram campos mais complexos como autoria, mediação intencional e adequação didática, que são componentes fundamentais para que a IA se configure como aliada no contexto escolar.

Nas HQs produzidas a partir de *prompts* simplistas, notou-se uma reprodução de conteúdos com baixo rigor conceitual e linguagem genérica, como se pode observar nas figuras 5 e 6. Dentro das HQGPS, foi observada também uma tendência à geração de conteúdo em língua inglesa nas HQs geradas com o *prompt* simplificado e uma repetição de sua estrutura de quadrinhos que se apresenta como um “padrão”, realçando assim a importância de utilização de *prompts* mais estruturados, pois estes consideram um público alvo a ser atingido. Tal constatação dialoga com os apontamentos de Santos (2024), que destaca a importância da formação docente voltada para o domínio da engenharia de *prompt* e a compreensão crítica das limitações da IA. A produção automatizada, sem parâmetros

pedagógicos bem definidos pode resultar em materiais esteticamente atrativos, porém frágeis do ponto de vista formativo para os estudantes. Esse risco também é sublinhado por Oliveira e Dantas (2024), ao discutirem os perigos de uma adesão acrítica à IA em contextos educacionais inclusivos.

Entretanto, quando a IA foi conduzida por *prompts* estruturados que consideram elementos como público alvo, objetivos didáticos e estilo narrativo, os resultados foram superiores. A personificação das enzimas em uma “fábrica do DNA” ou a adoção de uma estética inspirada em narrativas da cultura pop, como *The Last of Us*, exemplificam como a intencionalidade docente pode transformar a IAGen em mediadora ativa da aprendizagem significativa, alinhando-se ao que defendem Costa (2025) e Ausubel (1980). Nesses casos, a IA deixa de ser apenas uma ferramenta reprodutora e passa a operar como catalisadora de experiências pedagógicas criativas e contextualizadas, como propõem o paradigma das metodologias ativas e do contexto lúdico.

O contraste com a HQ elaborada de forma mais manual também merece destaque. Ainda que limitada em termos gráficos, essa produção apresenta linguagem situada, humor, simbologias regionais e vínculos com o cotidiano dos estudantes que tornam-se aspectos que revelam o valor da autoria docente. Esta abordagem manual, no melhor sentido, ecoa o que Moran (2015) define como “prática pedagógica situada” e reafirma as reflexões de Cardoso e Silva (2024) sobre o papel do professor como agente cultural que articula saberes científicos, linguísticos e simbólicos. A produção manual, portanto, não é superada pela IA, mas complementada, desde que a mediação docente se mantenha presente.

Ao integrar as HQs, por exemplo, ao uso de metodologias ativas, especialmente à Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), pode-se obter um ganho significativo na dimensão cognitiva e formativa. O uso de *storytelling* científico, perguntas provocativas como: “E se uma enzima falhasse?” e metáforas visuais funcionam como dispositivos para o desenvolvimento do pensamento crítico, da autonomia intelectual e da alfabetização científica que são competências centrais da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Os resultados desta pesquisa, portanto, não endossam a visão da IA como substituta da prática docente, mas como uma tecnologia que, sendo bem orientada, pode ampliar exponencialmente as possibilidades criativas do professor. Como afirmam Aguirre (2024) e Reis et al. (2024), o diferencial não está no algoritmo, mas na capacidade do educador em operar a IA com clareza de propósitos, sensibilidade didática e visão crítica. A IA não ensina sozinha, mas ela exige técnica e intenção pedagógica que emergem os recursos realmente transformadores.

Assim, este estudo reforça a urgência de incluir por exemplo a formação em engenharia de *prompt* nas licenciaturas e na formação continuada docente, como defendido por Santos (2024) e Silva & Tarouco (2024). Sem essa qualificação, a IA pode se tornar mais um instrumento de reprodução de desigualdades, ao invés de uma ponte para a democratização do conhecimento e a inovação pedagógica.

Ainda que não envolva diretamente sujeitos humanos, a pesquisa adota uma postura ética rigorosa quanto ao uso da inteligência artificial generativa, reconhecendo a importância da curadoria humana na filtragem, interpretação e adaptação dos conteúdos gerados. A literatura contemporânea corrobora esse posicionamento onde os materiais elaborados buscaram seguir princípios de uma alfabetização científica, e da integração crítica das tecnologias digitais emergentes ao contexto educacional (Morán, 2015; Marques; Campos; Andrade; Zambalde, 2021; Cardoso; Silva, 2024).

Tierno (2025) aponta que a IA, ao automatizar processos de linguagem e produção de conhecimento, desloca o eixo tradicional da autoria. Nesse sentido, o professor deixa de ser apenas um transmissor de conteúdos e passa a ocupar o papel de curador, intérprete e responsável pela autoria pedagógica, assumindo a tarefa de recontextualizar os produtos gerados por IAGen dentro dos objetivos da educação crítica. Dessa forma, torna-se evidente que o docente possui um papel principal para a utilização dessas ferramentas, visto que a IAGen embora possua um grande arcabouço de dados em sua ampla rede de aprendizado necessita da figura do professor como mediador para a usabilidade desse mecanismo, principalmente no contexto educacional.

No que diz respeito aos usos e possibilidades no contexto do uso da inteligência artificial, observam-se suas potencialidades na personalização e adaptação do ensino, na otimização do trabalho docente, criação de conteúdo pedagógico e engajamento por parte dos alunos, promovendo uma facilitação da inclusão digital e o desenvolvimento de habilidades. Contudo, como reforçam Valério e Santos Filho (2025), o uso ético e crítico dessas ferramentas exige um letramento específico por parte dos docentes, que devem ser formados não apenas para operar tecnologias digitais contemporâneas, mas para compreender seus limites, impactos e possibilidades pedagógicas.

As questões que dizem respeito ao uso, aos limites e aos desafios da inteligência artificial no contexto educacional são evidentes e se tornam pauta primordial para pensar se essa ferramenta pode servir como mecanismo principal sem a figura de um mediador. Apesar de serem identificadas várias potencialidades para o uso da IA na esfera educacional, precisa-se, de fato, entender que a implementação dessa tecnologia deve estar acompanhada

de desafios significativos, exigindo assim uma reflexão mais crítica e contínua (Santos, 2023; Durso, 2024).

Nesse contexto de desafios do mundo contemporâneo, emergem questões sobre a padronização do ensino. A interação humana e o desenvolvimento de habilidades críticas e criativas são essenciais para o desenvolvimento integral do aluno, mas uma dependência excessiva dessa tecnologia, pode reduzir a sua habilidade de criticidade e aumentar elementos de passividade cognitiva. Selwyn (2016) argumenta que a dependência excessiva da IA pode levar à desumanização do ensino, reduzindo a interação humana essencial para o desenvolvimento de habilidades críticas e criativas.

Entre os dos limites éticos e desafios, ressalta-se também as questões particulares relacionadas ao risco enviesado por parte das inteligências artificiais, especialmente a IAGen, tendo em vista que os algoritmos de IA são geralmente treinados com um grande volume de dados.

Almeida Filho et al. (2024) alertam para o risco de “alucinações algorítmicas”, fenômeno em que a IA produz informações falsas ou distorcidas com aparente verossimilhança. Esses dados por sua vez podem estar relacionados de forma prejudicial para uma fidelidade real dos fatos. Erros e informações podem levar a resultados distorcidos e “alucinações”. Sendo assim, mais uma vez a mediação docente a curadoria das informações tornam-se indispensáveis, ainda mais quando aplicada ao ambiente institucional, exigindo rigorosa validação e supervisão humana.

Nesse sentido, Mattozo e Cardozo (2024) enfatizam que, frente aos avanços tecnológicos, o professor precisa atuar como mediador ético e cultural, capaz de construir pontes entre as inovações e as necessidades formativas dos estudantes. Em paralelo a isso, Silveira e Barros (2021) ressaltam que as competências pedagógicas mais tradicionais dos professores podem, eventualmente, ser absorvidas ou associadas à Inteligência Artificial. Entretanto, é dentro dessa abordagem que Preuss, Barone e Henrique (2020) afirmam que a concretização e realização das técnicas de Inteligência Artificial Generativa sendo exercidas em várias esferas dos estudos podem apresentar resultados otimistas e benéficos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa evidenciou que a utilização de Inteligência Artificial Generativa na produção de histórias em quadrinhos voltadas ao ensino de Genética pode representar uma ferramenta valiosa nas práticas pedagógicas contemporâneas, desde que aplicada com consciência didática e intencionalidade formativa. Ao investigar diferentes formas de elaboração das HQs, foi possível compreender que os resultados obtidos variam conforme o grau de envolvimento do professor na curadoria do conteúdo e na definição dos parâmetros técnicos utilizados durante a geração dos *prompts*.

A análise comparativa entre os materiais produzidos permitiu perceber que os quadrinhos gerados por inteligência artificial generativa à partir de comandos bem estruturados apresentaram maior potencial pedagógico. Nessas versões, observou-se clareza conceitual, fidelidade científica e riqueza narrativa, o que favoreceu a construção de significados e a conexão entre o conteúdo biológico e o repertório sociocultural dos estudantes. A presença de personagens contextualizados, linguagem acessível e ambientações criativas contribuíram para o engajamento e o interesse pela temática trabalhada.

Em contrapartida, os materiais criados a partir de instruções genéricas, com pouca precisão nos comandos, revelaram fragilidades que comprometem seu aproveitamento educativo. Embora visualmente atrativos, esses quadrinhos careciam de coesão, clareza conceitual e alinhamento com os objetivos pedagógicos. Essa constatação reforça o papel indispensável do educador como agente reflexivo e ativo na mediação com as tecnologias, atuando não apenas como usuário, mas como autor e revisor do conteúdo que será entregue aos estudantes.

A produção manual, mesmo com menos sofisticação visual, também se destacou em aspectos importantes. Quando alinhada a uma proposta crítica e criativa, essa abordagem promoveu expressividade narrativa e permitiu maior liberdade na adaptação à realidade dos estudantes. As escolhas visuais e textuais feitas de forma artesanal revelaram-se eficazes para estabelecer vínculos afetivos e didáticos, contribuindo para uma aprendizagem mais significativa.

Com base nas análises realizadas, pode-se afirmar que a inteligência artificial, ao ser integrada de forma planejada ao contexto educacional na produção de materiais lúdicos, tem o potencial de enriquecer a produção de recursos didáticos, desde que o foco permaneça no processo educativo e não na tecnologia em si. Diante dos resultados, conclui-se que a integração entre recursos gerados por IA e práticas pedagógicas ativas pode tornar o ensino

de Genética mais significativo, desde que essa relação esteja fundamentada em uma perspectiva ética, crítica e situada. A IA, ao ser operada com clareza de objetivos e sensibilidade didática, pode se tornar uma aliada potente na construção de materiais acessíveis, instigantes e culturalmente próximos dos estudantes, especialmente em disciplinas tradicionalmente percebidas como abstratas.

Este estudo aponta, ainda, para a necessidade de investir na formação docente voltada ao uso crítico e criativo de tecnologias baseadas em IA. É essencial que os educadores compreendam tanto as possibilidades quanto os limites desses recursos, desenvolvendo habilidades relacionadas à engenharia de *prompts*, à curadoria de conteúdo e à avaliação pedagógica do material gerado por Inteligência Artificial. Recomenda-se, como desdobramento futuro, a aplicação destes materiais em sala de aula, com coleta de dados para verificação da aprendizagem.

Portanto, o uso da inteligência artificial generativa na educação não elimina o papel do professor. Ao contrário, exige sua presença ativa, ética e crítica na mediação do conhecimento. Quando operada com responsabilidade, sensibilidade e intencionalidade, a IA pode se tornar uma aliada no enfrentamento dos desafios do ensino de Genética, contribuindo para a criação de materiais mais acessíveis, envolventes e conectados com o universo dos discentes.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, Uriel José Castellanos. Possibilidades entre a Educação Matemática e Inteligência Artificial Generativa (IAG) em sala de aula. In: IX SEMINÁRIO INTERNACIONAL EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 2024, p. 12, Natal.

ARAUJO, Adriano Bruno; GUSMÃO, Fabio Alexandre Ferreira. As principais dificuldades encontradas no ensino de genética na educação básica brasileira. *Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional*, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 1-11, 2017. Disponível em: https://www.academia.edu/download/56538531/4710-21261-2-PB_4.pdf. Acesso em: 14 jun. 2025.

ARAÚJO JR, Carlos F.; MARQUESI, Sueli Cristina. Atividades em ambientes virtuais de aprendizagem: parâmetros de qualidade. In: LITTO, Fredric M.; FORMIGA, Marcos (Org.). Educação a distância: o estado da arte. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009. p. 358-368.

AUSUBEL, David P. A aprendizagem significativa. São Paulo: Moraes, 1982.

AZAMBUJA, C. C. de; FERREIRA DA SILVA, G. Novos desafios para a educação na Era da Inteligência Artificial. *Filosofia Unisinos*, São Leopoldo, v. 25, n. 1, p. 1–16, 2024. DOI: 10.4013/fsu.2024.251.07. Disponível em: <https://revistas.unisinos.br/index.php/filosofia/article/view/27063>. Acesso em: 23 jun. 2025

AZEVEDO , M. B. P.; CAMPOS , T. A. de M. Formação de Professores e Novas Tecnologias: Caminhos para Uma Educação Transformadora. *COGNITIONIS Scientific Journal*, [S. l.], v. 8, n. 1, p. e623, 2025. DOI: 10.38087/2595.8801.623. Disponível em: <https://revista.cognitioniss.org/index.php/cogn/article/view/623>. Acesso em: 25 jul. 2025.

BELMIRO, Michel Stórquio et al. Ensino de genética no ensino médio: uma análise estatística das concepções prévias de estudantes pré-universitários. *Revista Práxis*, v. 9, n. 17, p. 95-102, 2017.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 18 jun. 2025.

CASTELLANI, Ana Mauriceia et al. Uso de inteligência artificial em sistemas de tutores inteligentes. *Revista de Ensino Educação e Ciências Humanas*, [S. l.], v. 24, n. 4, p. 507-512, 2024. Disponível em: DOI.10.17921/2447-8733.2023v24n4p507-512. Acesso em: 25 jun. 2025.

CASA, Corredera José Ramón. Inteligencia artificial generativa. *Anales de la Real Academia de Doctores de España*, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 475-489, 2023

CAMARGO, Susan Caroline; RIVELINI-SILVA, Angélica Cristina. Histórias em quadrinhos no ensino de ciências: um olhar sobre o que foi produzido nos últimos doze anos no ENEQ e ENPEC. *ACTIO: Docência em Ciências*, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 18, dez. 2017. DOI: 10.3895/actio.v2n3.6818. Acesso em: 18 jun. 2025.

CARVALHO, Aline dos Santos Moreira et al. As tendências da inteligência artificial para a educação. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, [S. l.], v. 29, n. 311, p. 135-147, 2024. DOI: 10.46642/efd.v29i311.7432. Acesso em: 17 jun. 2025.

CARVALHO, Carlos Mendonça Bittencourt. Utilização da inteligência artificial para o ensino de ciências da natureza: uma revisão bibliográfica. 2024. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências da Natureza) – Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/6405>. Acesso em: 14 jun. 2025.

CARVALHO, José Luan de. **The use of comic books/illustrated text as paradidactic material in the teaching of cell biology and genetics**. 2019. 1 recurso online (116 p.) : il., digital, arquivo PDF. Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, SP, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2019.1095828>. Acesso em: 14 jun. 2025.

CARDOSO, Sigouveny; SILVA, Erivanildo. Uma abordagem CTS da História da Ciência como potencial para a mobilização de capacidades de Pensamento Crítico na Escola Básica. *Id on Line Multidisciplinary and Interdisciplinary Journal*, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 583, 16 abr. 2025. DOI: 10.34624/id.v16i2.38520. Acesso em: 13 jun. 2025.

COSTA, Diogo Gonzaga Monte da. Integrando a inteligência artificial generativa na educação em química: desenvolvimento de ferramentas e avaliação como recurso

educacional. Orientador: Dr. Edgar Perin Moraes. 2025. 128 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Química - Profqui) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/63171>. Acesso em: 17 jun. 2025.

DAIR.AI. Prompt Engineering Guide. [S. l.]: DAIR.AI, 2024. Última atualização: 24 abr. 2025. Disponível em: <https://www.promptingguide.ai/pt>. Acesso em: 25 jun. 2025.

DURSO, Samuel de Oliveira. Reflexões sobre a aplicação da inteligência artificial na educação e seus impactos para a atuação docente. *EDUR: Educação em Revista*, [S. l.], v. 40, p. e47982, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-469847980>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/edur/a/3mh8D6366By9w9THfF8bThQ/?lang=pt>. Acesso em: 24 jun. 2025.

EISNER, Will. *Quadrinhos e arte sequencial: Princípios e práticas do lendário cartunista*. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2010. 192 p.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido*. 17ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, v. 3, p. 343-348, 1987.

GIRAFFA, Lucia; KOHLS-SANTOS, Pricila. Inteligência Artificial e Educação: conceitos, aplicações e implicações no fazer docente. *Educação em Análise*, Londrina, v. 8, n. 1, p. 116–134, 2023. DOI: 10.5433/1984-7939.2023v8n1p116. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/educanalise/article/view/48127>. Acesso em: 25 jun. 2025

LÉVY, Pierre. IEMl: rumo a uma mudança de paradigma na Inteligência Artificial. *MATRIZES*, v. 16, n. 1, p. 11-34, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.1982-8160.v16i1p11-34>. Acesso em: 11 maio 2025.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida. *O jogo e a Educação Infantil*. São Paulo: Pioneira, 1998.

LEITNER, Philipp; KHALIL, Mohammad; EBNER, Martin. Learning analytics in higher education—a literature review. In: PEÑA-AYALA, Alejandro (Org.). *Learning analytics: fundamentals, applications, and trends*. Cham: Springer, 2017. p. 1-23. (Studies in Systems,

Decision and Control, v. 94). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-52977-6_1. Acesso em: 25 jun. 2025

LUDERMIR, Teresa Bernarda. Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: estado atual e tendências. *Estudos Avançados*, v. 35, p. 85-94, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35101.007>. Acesso em: 11 maio 2025.

LUYTEN, Sonia M. O que é história em quadrinhos. São Paulo: Editora Brasiliense, 1987.

LÚCIO, Mário. Prompt Design Thinking: como fazer prompts mais eficientes? *LinkedIn*, 8 abr. 2025. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/prompt-design-thinking-como-fazer-prompts-mais-eficientes-m%C3%A1rio-l%C3%BAcio-l29kc/>. Acesso em: 14 jun. 2025.

MARQUES, Humberto Rodrigues; CAMPOS, Alyce Cardoso; ANDRADE, Daniela Meirelles; ZAMBALDE, André Luiz. Inovação no ensino: uma revisão sistemática das metodologias ativas de ensino-aprendizagem. *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)*, [S.L.], v. 26, n. 3, p. 718-741, set. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/s1414-40772021000300005>. Acesso em: 14 jun. 2025

MATTOZO, Elizangela; CARDOZO, Poliana Fabíula. DESAFIOS ÉTICOS E INOVAÇÕES PEDAGÓGICAS: A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO CONTEMPORÂNEA. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, São Paulo, v. 10, n. 11, p. 380-401, nov. 2024. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v10i11.16497>. Acesso em: 17 jun. 2025

MCCARTHY, J.; MINSKY, M. L.; ROCHESTER, N.; SHANNON, C. E. A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955. *AI Magazine*, v. 27, n. 4, p. 12, 2006. DOI: 10.1609/aimag.v27i4.1904. Acesso em: 18 jun. 2025.

McCLOUD, Scott. Desvendando os Quadrinhos: história—criação—desenho—animação—roteiro. São Paulo: Makron Books, 2005.

MCCORDUCK, Pamela et al. History of artificial intelligence. In: *INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE*, 1977. p. 951-954. Disponível em: <https://www.ijcai.org/Proceedings/77-2/Papers/083.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2025.

MORAN, José. Educação híbrida: um conceito chave para a educação, hoje. In: BACICH, Lilian; TANZI, Andrea; TREVISANI, Fernanda (Org.). *Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação*. Porto Alegre: Penso, 2015. p. 27-45. Disponível em: <https://moran.eca.usp.br/?p=1841>. Acesso em: 18 jun. 2025.

MOSSIN, Eduardo André et al. Reflexões sobre a Inteligência Artificial à luz dos fundamentos da Educação Profissional e Tecnológica. *EDUR • Educação em Revista*, v. 41, e53835, 2025. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-469853835>. Acesso em: 14 jun. 2025.

MOLLICK, Ethan R.; MOLLICK, Lilach. Using AI to implement effective teaching strategies in classrooms: five strategies, including prompts. 17 mar. 2023. The Wharton School Research Paper. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=4391243>. Acesso em: 25 jun. 2025. DOI: 10.2139/ssrn.4391244.

NOVAK, Joseph D. Concept maps and Vee diagrams: two metacognitive tools to facilitate meaningful learning. *Instructional Science*, v. 19, n. 1, p. 29-52, jan. 1990. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00377984>. Acesso em: 18 jun. 2025.

PREUSS, Evandro; BARONE, Dante A. C.; HENRIQUES, Renato V. B. Uso de técnicas de inteligência artificial num sistema de mesa tangível. In: *WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA*, 26., Porto Alegre, 2020. Anais [...]. Porto Alegre: SBC, 2020. p. 439-448. DOI: <https://doi.org/10.5753/cbie.wie.2020.439>. Acesso em: 11 maio 2025

RUSSELL, Stuart J.; NORVIG, Peter. Artificial intelligence: a modern approach. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1995.

SANTAELLA, Lucia; KAUFMAN, Dora. A inteligência artificial generativa como quarta ferida narcísica do humano. *MATRIZES*, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 37-53, 2024. DOI: 10.11606/issn.1982-8160.v18i1p37-53. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/matrizes/article/view/210834>. Acesso em: 25 jun. 2025

SANTAELLA, Lucia. Humanos hiper-híbridos: linguagens e cultura na segunda era da internet. Paulus Editora, 2021.

SANTAELLA, Lucia. Há como deter a invasão do ChatGPT?. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2023.

SANTOS, A. P. dos; NEVES, A. R. C. Quadrinhos, cultura e sociedade: contribuições das narrativas sequenciais para formação do leitor. *RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, Campinas, SP, v. 20, n. 00, p. e022002. DOI: 10.20396/rdbci.v20i00.8667789. Acesso em: 17 jan. 2025.

SANTOS, Andrea Pereira dos; NEVES, André Roberto Custódio. Quadrinhos, cultura e sociedade: contribuições das narrativas sequenciais para formação do leitor. *RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, Campinas, SP, v. 20, n. 00, p. e022002, 2022. DOI: 10.20396/rdbci.v20i00.8667789. Acesso em: 18 jun. 2025.

SANTOS, Jocenilson Ribeiro dos. A constituição do enunciado nas provas do ENEM e do ENADE: uma análise dos aspectos semiológicos da relação linguagem-imagem na perspectiva dos estudos do discurso. 2011. 171 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/5713>. Acesso em: 18 jun. 2025.

SANTOS, Mayke Franklin da Cruz. Inteligência artificial na formação docente: desafios, possibilidades e capacitação para a educação básica. 2024. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ensino para a Educação Básica) – Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, 2024.

SANTOS, Roberto Elísio dos; VERGUEIRO, Waldomiro de Castro Santos. Histórias em quadrinhos no processo de aprendizado: da teoria à prática. *EccoS – Revista Científica*, n. 27, p. 81–95, 2012. DOI: 10.5585/eccos.n27.3498. Acesso em: 18 jun. 2025.

SANTOS, Douglas Manoel Antonio de Abreu Pestana dos. Inteligência artificial na educação: potencialidades e desafios. *SCIAS Edu., Com., Tec.*, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 74-89, jul./dez. 2023. e-ISSN 2674-905X. Disponível em: <https://scholar.archive.org/work/lrztgcvt55gutezb3ttsruk5va/access/wayback/https://revista.uemg.br/index.php/sciasedcomtec/article/download/7692/4979>. Acesso em: 24 jun. 2025.

SILVA, Livia Andrade de Araújo Takaki da; OLIVEIRA, Camila Cunha de; DANTAS, Antônio Renan Lima. A utilização das inteligências artificiais generativas como ferramentas de personalização de ensino na educação inclusiva. In: *CONGRESSO NACIONAL DA EDUCAÇÃO*, 2024, Fortaleza. Anais eletrônicos. Conedu.

SCHWAB, Klaus. The fourth industrial revolution. New York: Crown Business, 2017.

SILVA, Tarcilane Fernandes da. O gênero tirinhas no livro “Português Linguagens 3” e o trabalho com a leitura. *Revista Entrepalavras*, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 159-181, jan./abr. 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/33226>. Acesso em: 18 jun. 2025.

SILVEIRA, Rita Conceição Barreiros da; BARROS, Manoel Joaquim Fernandes de. Impacto da inteligência artificial na empregabilidade docente. In: *COLÓQUIO INTERNACIONAL DE GESTÃO UNIVERSITÁRIA – GIGU*, 20., Florianópolis, 2021. Anais [...]. Florianópolis: UFSC, 2021. p. 1-17.

SUAVE, André Augusto. *Inteligência Artificial*. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2024. 216 p.

SOUZA, Eduardo Oliveira Ribeiro de. Física em quadrinhos: uma metodologia de utilização de quadrinhos para o ensino de física. 2018. 284 f. Tese (Doutorado) – Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2018.

SOUZA, Paulo Victor et al. The revolution of generative artificial intelligence and learning in basic education: the case of ChatGPT in the Brazilian context. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 19, p. 129, 30 abr. 2024.

TIERNO, Mariangela Gifoni. Entre humanos e algoritmos: autoria, estilo e enunciação em tempos de inteligência artificial. *Open Minds International Journal*, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 52-64, jan./abr. 2025. DOI: <https://doi.org/10.47180/omij.v6i1.335>. Acesso em: 17 jun. 2025.

TURING, Alan Mathison. Computing machinery and intelligence. *Mind*, Edimburgo, v. 59, n. 236, p. 433-460, 1950. Disponível em: <https://philpapers.org/rec/TURCMA>. Acesso em: 23 jun. 2025.

UNESCO. Guia para a IA generativa na educação e na pesquisa. França: UNESCO, 2024. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000390241>. Acesso em: 07 jun 2025.

VALÉRIO, Erison de Moraes; SANTOS FILHO, José Matias dos. Letramento em inteligência artificial: uma reflexão a partir do guia da UNESCO sobre competências em IA para professores. *REVISTA TÓPICOS*. 2024, Disponível em: DOI: 10.5281/zenodo.13846728. Acesso em: 17 jun. 2025.

VICARI, Rosa Maria. Tendências em inteligência artificial na educação no período de 2017 a 2030. Brasília: SENAI, 2018. Disponível em: https://acervodigital.sistemaindustria.org.br/bitstream/uniepro/259/1/Sumario_tendencias_web.pdf. Acesso em: 27 jun. 2025.

WHITE, Jules et al. A prompt pattern catalog to enhance prompt engineering with ChatGPT. fev. 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2302.11382>. Acesso em: 25 jun. 2025. DOI: 10.48550/arXiv.2302.11382.

ZILLI, Silvana do Rocio. A robótica educacional no ensino fundamental: perspectivas e prática. 2004. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/86930>. Acesso em: 25 jun. 2025.

ANEXOS



GENÉTICA DO CÂNCER

A CÉLULA É COMO UMA CIDADE...



...ONDE OS GENES MANTÊM A ORDEM
E CONTROLAM DIVISÃO CELULAR



MAS GENES SUPRESSORES
DE TUMOR, COMO O BSE,
E DE REPARO DO DNA
PODEM AGIR!

NO ENTANTO, OUTRAS MUTAÇÕES
DESATIVAM ESSES GENES...



SOMÁTICAS (ADQUIRIDAS) OU
HEREDITÁRIAS, E CAUSADAS POR
FATORES AMBIENTAIS, COMO...



RADIAÇÃO

SUBSTÂNCIAS
QUÍMICAS

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Cabedelo - Código INEP: 25282921
	Rua Santa Rita de Cássia, 1900, Jardim Camboinha, CEP 58103-772, Cabedelo (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0010-66 - Telefone: (83) 3248.5400

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC)

Assunto:	Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC)
Assinado por:	Aluylken Teixeira
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:
■ Aluylken Teixeira de Cássia, DISCENTE (202117020009) DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - CABEDEL0, em 02/10/2025 22:45:42.

Este documento foi armazenado no SUAP em 02/10/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1630968
Código de Autenticação: 788be1f09e

