



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE – CCS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS
CURSO DE BACHARELADO EM BIOMEDICINA

CLAYSLANNER PAOLA DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS DIDÁTICOS PARA ENSINO DE
BIOINFORMÁTICA E ALFABETIZAÇÃO GENÔMICA NO ENSINO MÉDIO**

JOÃO PESSOA

2026

CLAYSLLANNER PAOLA DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS DIDÁTICOS PARA ENSINO DE
BIOINFORMÁTICA E ALFABETIZAÇÃO GENÔMICA NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Biomedicina pela Universidade Federal da
Paraíba.

Orientadora: Dra. Christina Pacheco
Santos Martin

**JOÃO PESSOA
2026**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586d Silva, Claysllanner Paola da.

Desenvolvimento de materiais didáticos para ensino de bioinformática e alfabetização genômica no ensino médio / Claysllanner Paola da Silva. - João Pessoa, 2026.

37 f. : il.

Orientação: Christina Pacheco Santos Martin.
TCC (Graduação) - UFPB/CCS.

1. Aprendizagem multimídia. 2. Bioinformática. 3. Educação. 4. Letramento genômico. I. Martin, Christina Pacheco Santos. II. Título.

UFPB/CCS

CDU 37.091.64

CLAYSLANNER PAOLA DA SILVA


**DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS DIDÁTICOS PARA ENSINO DE
BIOINFORMÁTICA E ALFABETIZAÇÃO GENÔMICA NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do título
de Bacharel em Biomedicina pela
Universidade Federal da Paraíba.


Orientadora: Dra. Christina Pacheco Santos
Martin

DATA DE APROVAÇÃO (30/03/2026)


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **CHRISTINA PACHECO SANTOS MARTIN**
Data: 10/04/2026 08:25:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Christina Pacheco Santos Martin – Orientadora
Universidade Federal da Paraíba

Documento assinado digitalmente
 **ARTHUR TENORIO RIBEIRO CLARK**
Data: 10/04/2026 10:19:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Arthur Tenório Ribeiro Clark
Universidade Federal da Paraíba

Documento assinado digitalmente
 **MOACIR FERNANDES DE QUEIROZ NETO**
Data: 10/04/2026 08:40:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Moacir Fernandes de Queiroz Neto
Universidade Federal da Paraíba

Dedico este trabalho a minha avó, Maria Rosa da Silva, também conhecida como Rosa enfermeira e Rosa poderosa, que sempre me proporcionou mais que o necessário para que eu pudesse me dedicar aos meus estudos.

AGRADECIMENTOS

Começo agradecendo a Jeová, Jesus e ao Espírito Santo. Essa trindade perfeita me conhece inteiramente e, mesmo sabendo exatamente como eu sou, permanece ao meu lado. Entre domingos na dúvida entre ir à igreja ou estudar o assunto da semana, sempre valeu a pena dedicar esse tempo à minha espiritualidade, pois isso sempre me fez bem.

Minha família sempre enxergou os estudos como a chave da virada. Mesmo muitos não tendo sequer o ensino fundamental completo, todos me apoiaram nessa jornada enriquecedora. Quem me conhece, conhece minha avó, nem que seja por nome. Clays não é Clays se não falar de vó Rosa. No início da minha vida acadêmica, entre crises, crises e mais crises, lá estava vó, sempre fazendo além do possível por mim.

Passei três semestres estudando em casa devido à pandemia e, nas madrugadas de estudo, lá estava vó, sempre às 4h da manhã, me servindo um delicioso café. Às tardes, ela fazia um pão de queijo de frigideira tão bom que eu estudava até com mais gosto depois. Tenho até receio de tratar minha avó como um ídolo, longe de mim, mas, sinceramente, como eu amo essa mulher. Minha meta de vida é ser admirada por alguém como eu admiro minha avó.

Sempre brinco dizendo que a melhor coisa que minha mãe fez foi ter engravidado aos 16 anos, porque assim estou tendo mais tempo ao lado de vó. Minha mãe, aos 17 anos, deu à luz a mim e, desde então, vive em uma correria sem fim. Criar uma criança não é fácil, e eu não consigo me imaginar nessa posição hoje, ainda mais tão jovem. Obrigada, mainha, pelo dom da vida e por me permitir ter oportunidades que a senhora mesma não teve. Este diploma é nosso.

Fazer faculdade em outra cidade foi um presente para mim. Amadureci muito como pessoa nessa experiência. A menina que tinha tudo nas mãos precisou aprender a se virar para sobreviver em uma capital. A vida é muito melhor quando levada com bom senso de humor. Eu poderia me lastimar pelas vezes em que peguei um ônibus errado ou pelas situações constrangedoras que só quem veio do interior e precisou se adaptar a uma cidade grande entenderia. Mas não quero me prender a isso, sou muito feliz por estar onde estou.

Minha querida João Pessoa me apresentou pessoas maravilhosas. Agradeço, em especial, aos meus companheiros de curso que a UFPB me proporcionou. Entre

nós, quem mais entenderia o que passei, senão vocês, que viveram tudo isso comigo? Foram dias que muitas vezes começaram antes do sol nascer e terminaram de madrugada. Finais de semana sem lazer, para que o conteúdo da semana não se acumulasse. A semana de prova, então, nem se fala, foi ali que sentimos, na prática, o que é privação de sono. Ainda assim, os bons momentos também me marcaram, e como marcaram. Obrigada por me apresentarem os pontos turísticos de João Pessoa e por me ensinarem que existem outros caminhos além daquele da minha casa até a faculdade. Vocês são guerreiros e gigantes. Cheguei até aqui também por ter vocês comigo. Obrigada por tudo e por tanto.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha orientadora, Dra. Christina Pacheco. A senhora representa, para mim, a melhor definição de professora. Digo e repito: é admirável como a senhora nunca solta a mão de ninguém. Perdi-me incontáveis vezes durante minha jornada acadêmica e, em todas elas, fui acolhida e guiada pela senhora. Obrigada pelo apoio impagável e por acreditar em mim, mesmo quando eu mesma duvidei. Não tenho palavras para agradecer. Que privilégio foi trabalhar com a senhora.

Não posso deixar de agradecer à banca avaliadora pela disponibilidade em participar deste momento tão importante para mim. Tenho certeza de que suas experiências, conhecimentos e sugestões serão de extrema valia para o aprimoramento deste trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que este sonho se tornasse realidade, deixo aqui o meu mais sincero agradecimento.

“Se tens de servir a Deus com a tua inteligência, estudar torna-se, para ti, uma obrigação grave.”

São Josémaria Escrivá

RESUMO

A bioinformática consolidou-se como uma área fundamental para a compreensão de fenômenos biológicos, especialmente pela capacidade de organizar e analisar grandes volumes de dados genômicos e proteicos. Apesar de sua relevância, sua inserção na educação básica ainda é limitada, principalmente devido à complexidade técnica, à linguagem especializada e à predominância do idioma inglês nas ferramentas disponíveis. Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um material didático multimodal voltado ao ensino de genética e bioinformática no Ensino Médio, utilizando a fibrose cística como modelo de investigação. Trata-se de uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa e caráter metodológico, que resultou na elaboração de um produto educacional composto por uma fotonovela intitulada “O Mistério do Beijo Salgado” e roteiro didático de investigação genômica. A proposta fundamenta-se na teoria da aprendizagem multimídia e em abordagens de aprendizagem ativa, buscando reduzir barreiras cognitivas e linguísticas por meio da integração entre elementos visuais, narrativos e instruções passo a passo. Os testes preliminares, realizados com o grupo de estudos FITNOMA, indicaram que os participantes conseguiram utilizar as plataformas bioinformáticas propostas, como NCBI, OMIM e Ensembl, identificando informações relevantes sobre a doença e o gene CFTR. Foram observadas dificuldades relacionadas ao uso da língua inglesa e à navegação nas interfaces, sendo parcialmente superadas por adaptações no material didático. Os resultados evidenciam que a proposta possui potencial para promover o letramento científico e genômico, além de aproximar os estudantes de práticas reais da ciência. Conclui-se que a integração de recursos multimodais e atividades investigativas constitui uma estratégia eficaz para o ensino de conteúdos complexos, contribuindo para a democratização do acesso à bioinformática e à formação científica no contexto da educação básica.

Palavras-chave: aprendizagem multimídia; bioinformática; educação; letramento genômico.

ABSTRACT

Bioinformatics has been established as a fundamental field for understanding biological phenomena, particularly due to its ability to organize and analyze large volumes of genomic and proteomic data. Despite its relevance, its integration into basic education remains limited, mainly due to technical complexity, specialized language, and the predominance of the English language in available tools. In this context, the present study aimed to develop a multimodal educational material focused on teaching genetics and bioinformatics in high school, using cystic fibrosis as a model for investigation. This study is characterized as applied research, with a qualitative approach and methodological nature, resulting in the development of an educational product composed of a photo story entitled "The Mystery of the Salty Kiss" and a didactic script for genomic investigation. The proposal is based on multimedia learning theory and active learning approaches, aiming to reduce cognitive and linguistic barriers through the integration of visual elements, narrative, and step-by-step instructions. Preliminary tests conducted with the FITNOMA study group indicated that participants were able to use the proposed bioinformatics platforms, such as NCBI, OMIM, and Ensembl, identifying relevant information about the disease and the CFTR gene. Difficulties related to the use of the English language and navigation through the interfaces were observed, but were partially overcome through adaptations in the educational material. The results demonstrate that the proposal has the potential to promote scientific and genomic literacy, as well as to bring students closer to real scientific practices. It is concluded that the integration of multimodal resources and investigative activities constitutes an effective strategy for teaching complex content, contributing to the democratization of access to bioinformatics and to scientific education in the context of basic education.

Keywords: multimedia learning; bioinformatics; education; genomic literacy.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 JUSTIFICATIVA	13
3 OBJETIVOS	14
3.1 OBJETIVO GERAL.....	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4 REFERENCIAL TEÓRICO	15
4.1 BIOINFORMÁTICA E SEU PAPEL NO CONTEXTO EDUCACIONAL DAS CIÊNCIAS DA VIDA	15
4.2 BIOINFORMÁTICA NO ENSINO E A DEMOCRATIZAÇÃO DO ACESSO À CIÊNCIA.....	16
4.3 MATERIAIS DIDÁTICOS MULTIMODAIS E APRENDIZAGEM ATIVA NA MEDIÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO	18
4.4 MATERIAIS DIDÁTICOS MULTIMODAIS E A FOTONOVELA COMO ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA PARA A DEMOCRATIZAÇÃO DO ACESSO À BIOINFORMÁTICA	20
5 METODOLOGIA	25
5.1 SELEÇÃO DA PATOLOGIA E CURADORIA DE DADOS.....	25
5.2 SELEÇÃO DAS FERRAMENTAS DE BIOINFORMÁTICA.....	25
5.3 DESIGN INSTRUCIONAL E ESTRUTURAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	26
5.4 TESTES PRELIMINARES	26
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6.1 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	27
6.2 NARRATIVA VISUAL: A FOTONOVELA "O MISTÉRIO DO BEIJO SALGADO"	28
6.3 INVESTIGAÇÃO GENÔMICA E TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA.....	30

6.4 MEDIAÇÃO TECNOLÓGICA E LETRAMENTO CIENTÍFICO	31
6.5 TESTES PRELIMINARES COM A EQUIPE FITNOMA.....	32
7 CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

A bioinformática consolidou-se, nas últimas décadas, como uma área estratégica para a compreensão de fenômenos biológicos, ao possibilitar o acesso, a organização e a análise de grandes volumes de dados provenientes de sequências genômicas, estruturas proteicas e bancos de dados biológicos de acesso aberto (Mahanayak, 2024; Danielewski *et al.*, 2025). Apesar de sua crescente relevância científica, o contato com ferramentas bioinformática ainda ocorre de forma limitada nos diferentes níveis de ensino, especialmente na educação básica, onde fatores como a complexidade técnica, a linguagem especializada e a predominância do idioma inglês dificultam sua inserção no contexto escolar (Tedeschi *et al.*, 2023).

No ensino de Ciências da Natureza, observa-se a necessidade de práticas pedagógicas que favoreçam a alfabetização científica, o pensamento crítico e a compreensão de conceitos abstratos, como genética molecular, evolução e estrutura de biomoléculas (Lima, 2021). Nesse cenário, a bioinformática apresenta-se não apenas como um conteúdo técnico, mas como uma potente ferramenta didática capaz de aproximar os estudantes da produção contemporânea do conhecimento científico, desde que mediada por estratégias pedagógicas adequadas ao seu nível de formação.

A utilização de materiais didáticos estruturados, que integrem recursos visuais, narrativas acessíveis e orientações passo a passo, pode contribuir significativamente para a redução das barreiras cognitivas e linguísticas associadas ao uso dessas ferramentas (Mayer, 2002). Abordagens que exploram múltiplas formas de representação da informação favorecem a aprendizagem ativa, permitindo que estudantes assumam um papel mais autônomo e protagonista no processo de construção do conhecimento, mesmo quando lidam com temas tradicionalmente considerados complexos (Lima, 2021).

Nesse sentido, a democratização do acesso à bioinformática no ambiente escolar torna-se um elemento central para ampliar as possibilidades de ensino e aprendizagem em Ciências, rompendo com a ideia de que essas ferramentas são restritas ao ensino superior ou a áreas altamente especializadas. Ao considerar a bioinformática como um recurso interdisciplinar, passível de ser explorado no Ensino Médio, amplia-se o diálogo entre Biologia, Química, Matemática e Tecnologia, promovendo uma formação científica mais integrada e contextualizada (Tedeschi *et al.*, 2023).

2 JUSTIFICATIVA

Diante desse contexto, o presente trabalho propõe o desenvolvimento e a aplicação de materiais didáticos, incluindo um roteiro pedagógico e uma fotonovela, com o objetivo de tornar o uso de bancos de dados biológicos mais acessível a estudantes da Educação Básica. A proposta fundamenta-se na perspectiva de que, por meio de uma mediação didática adequada, é possível inserir práticas de bioinformática no ensino de Ciências, favorecendo a compreensão conceitual, a autonomia discente e o acesso equitativo ao conhecimento científico.

Para a aplicação da proposta pedagógica, foi selecionada a fibrose cística como modelo didático, por tratar-se de uma condição genética monogênica amplamente documentada em bancos de dados biológicos, o que possibilita a exploração de sequências, mutações e estruturas proteicas em ambiente educacional. Além de sua relevância biomédica, a doença apresenta características que favorecem a articulação entre conceitos de genética molecular e ferramentas digitais de análise biológica.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um material didático multimodal voltada para o ensino de genética e bioinformática, utilizando como modelo de investigação a Fibrose Cística.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Sistematizar o referencial teórico sobre a importância do letramento genômico e da aprendizagem multimídia no ensino de Ciências da Natureza e Biologia;

- Elaborar um roteiro pedagógico de investigação genômica utilizando os bancos de dados *Online Mendelian Inheritance in Man (OMIM)*, *National Center for Biotechnology Information Gene (NCBI Gene)* e *Ensembl*;

- Criar uma narrativa visual (fotonovela) visando a transposição didática de conceitos moleculares complexos para uma linguagem acessível e contextualizada;

- Discutir o potencial do material desenvolvido como ferramenta de democratização do acesso à ciência e redução de barreiras cognitivas e linguísticas no contato com bases de dados internacionais;

- Realizar testes preliminares do material produzido com integrantes do grupo de estudo.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 BIOINFORMÁTICA E SEU PAPEL NO CONTEXTO EDUCACIONAL DAS CIÊNCIAS DA VIDA

A bioinformática configura-se como uma área interdisciplinar que integra conhecimentos da biologia, da matemática, da estatística e da ciência da computação, com o objetivo de coletar, organizar, analisar e interpretar grandes volumes de dados biológicos. O desenvolvimento dessa área está diretamente associado aos avanços tecnológicos e ao crescimento exponencial da produção de dados oriundos de projetos científicos de grande escala, como o Projeto Genoma Humano, que impulsionaram a necessidade de ferramentas computacionais capazes de lidar com informações genômicas e proteômicas complexas (Mahanayak, 2024; Danielewski *et al.*, 2025).

Historicamente, os bancos de dados biológicos assumiram papel central na consolidação da bioinformática, uma vez que permitem o armazenamento e a disponibilização de informações sobre genes, proteínas, vias metabólicas e doenças, promovendo o acesso aberto ao conhecimento científico. De acordo com Danielewski *et al.* (2025), esses bancos de dados não apenas sustentam a pesquisa biomédica contemporânea, como também desempenham função estratégica na formação científica, ao possibilitar o contato direto com dados reais e atualizados.

No contexto educacional, especialmente nas ciências da vida, a bioinformática tem sido apontada como um recurso pedagógico relevante, capaz de ampliar a compreensão de conteúdos tradicionalmente abordados de forma teórica, como genética, biologia molecular e bioquímica. Entretanto, apesar de sua importância, a inserção sistemática da bioinformática nos currículos de graduação ainda ocorre de forma limitada, sendo frequentemente restrita a disciplinas optativas ou a níveis mais avançados da formação acadêmica (Tedeschi *et al.*, 2023). No Brasil, o uso de materiais didáticos para mitigar essa situação se mostrou um forte aliado. Essa implementação ajudou os iniciantes a explorarem as ferramentas bioinformáticas de forma mais segura e confiável, superando as dificuldades iniciais (Silva *et al.*, 2025).

A utilização de ferramentas de bioinformática no ensino promove a aprendizagem significativa ao permitir o manuseio de dados reais e o desenvolvimento de competências analíticas, integrando teoria e prática (Sousa, 2023). Mostrando que a bioinformática não deve ser compreendida apenas como um campo técnico

especializado, mas também como uma estratégia pedagógica capaz de integrar diferentes áreas do conhecimento e estimular o pensamento crítico.

Essa perspectiva dialoga com concepções educacionais que defendem o estudante como sujeito ativo no processo de construção do conhecimento. Para Paulo Freire (2003), ensinar não consiste na simples transferência de conteúdos, mas na criação de condições que possibilitem a produção e a reconstrução do saber. Nesse sentido, o uso orientado de bancos de dados biológicos e ferramentas digitais pode contribuir para a autonomia discente, ao incentivar a exploração, a investigação e a tomada de decisões ao longo do processo de aprendizagem.

Além disso, a incorporação da bioinformática no ensino atende às demandas contemporâneas por formação científica alinhada ao avanço tecnológico e à crescente digitalização da ciência. Dessa forma, a bioinformática, quando integrada ao ensino de maneira planejada e acessível, apresenta-se como um recurso potente para a formação científica, contribuindo não apenas para a compreensão dos conteúdos das ciências da vida, mas também para o desenvolvimento de habilidades essenciais à atuação em um cenário científico cada vez mais orientado por dados.

4.2 BIOINFORMÁTICA NO ENSINO E A DEMOCRATIZAÇÃO DO ACESSO À CIÊNCIA

A incorporação da bioinformática no ensino tem sido amplamente discutida na literatura científica como uma estratégia relevante para aproximar estudantes dos dados biológicos reais produzidos pela ciência contemporânea. O avanço das tecnologias de sequenciamento e o crescimento exponencial dos bancos de dados biológicos tornaram imprescindível que a formação científica incluía, ainda que de forma introdutória, o contato com ferramentas computacionais voltadas à análise e interpretação de informações moleculares (Mahanayak, 2024; Danielewski *et al.*, 2025).

Apesar de sua relevância, a bioinformática ainda ocupa um espaço limitado nos currículos formais. Estudos indicam que, em muitos contextos educacionais, o ensino permanece centrado em abordagens teóricas tradicionais, distanciadas das práticas investigativas (Tedeschi *et al.*, 2023; Gao e Liu, 2024). No entanto, pesquisas recentes demonstram que há uma demanda crescente por essa integração na educação básica. Segundo Fernandes *et al.*, (2023), ao questionarem se há espaço para a bioinformática no ensino de biologia, observou-se que estudantes do Ensino Médio

não apenas demonstram interesse, mas conseguem extrair lições valiosas quando expostos a práticas guiadas, evidenciando que a área não deve ser restrita apenas ao ensino superior.

Nesse sentido, a bioinformática atua como um recurso pedagógico eficaz desde que apresentada de maneira acessível e contextualizada ao nível de formação do público-alvo. Essa perspectiva é reforçada por Fernandes *et al.*, (2023), que sugerem que a inclusão de bases de dados e ferramentas de visualização estrutural favorece a atualização do currículo de Biologia e aproxima o aluno da realidade da pesquisa científica atual, combatendo a percepção de que tais ferramentas são inacessíveis.

No contexto brasileiro, iniciativas de formação evidenciam que a bioinformática pode ser aplicada mesmo por indivíduos sem formação prévia na área, desde que haja suporte pedagógico adequado. Coutinho, De Sousa e Vasconcelos (2022) demonstraram que atividades práticas guiadas ampliam a confiança de docentes e licenciandos. A possibilidade de utilização por públicos diversos está diretamente relacionada ao conceito de democratização do acesso à ciência, que envolve superar barreiras como a predominância do inglês e a complexidade das interfaces (Amano *et al.*, 2023; Ras *et al.*, 2021).

Diante desse cenário, a criação de materiais didáticos inclusivos torna-se fundamental. Recursos que utilizam linguagem clara e organização passo a passo são essenciais para reduzir a distância entre o usuário iniciante e as ferramentas computacionais. Hassunuma (2023) destaca que elementos visuais facilitam a compreensão de processos abstratos, como a estrutura de proteínas. Essa abordagem multimodal, ao ser integrada a metodologias ativas onde o estudante assume o protagonismo, favorece a construção do conhecimento de forma investigativa.

Dessa forma, a bioinformática apresenta-se não apenas como um conteúdo técnico, mas como um meio de promover o letramento genômico, permitindo que estudantes de diferentes níveis, incluindo o Ensino Médio, conforme defendido por Fernandes *et al.*, (2023), tenham acesso equitativo e estruturado ao conhecimento científico contemporâneo

4.3 MATERIAIS DIDÁTICOS MULTIMODAIS E APRENDIZAGEM ATIVA NA MEDIAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

O crescimento das tecnologias digitais e o aumento da produção de dados científicos têm exigido novas estratégias pedagógicas capazes de facilitar a compreensão de conteúdos complexos, especialmente nas áreas das Ciências da Natureza e da Saúde (Lima, 2021), contexto no qual os materiais didáticos multimodais, ao integrarem texto, imagens e outros recursos visuais, destacam-se como uma abordagem promissora para a promoção da aprendizagem ativa e a ampliação do acesso ao conhecimento científico (Ercan, 2014).

Um dos referenciais teóricos que fundamentam essa perspectiva é a Teoria da Aprendizagem Multimídia, proposta por Mayer (2002). Baseada em princípios da psicologia cognitiva, essa teoria parte da ideia de que os indivíduos processam informações por meio de dois canais principais: o visual e o auditivo. A aprendizagem tende a ocorrer de forma mais eficiente quando informações verbais e visuais são apresentadas de maneira integrada, permitindo ao estudante construir representações mentais mais completas do conteúdo. Esse princípio, conhecido como princípio multimídia, sugere que aprender por meio da combinação entre palavras e imagens pode ser mais eficaz do que utilizar apenas textos verbais.

Outro aspecto relevante dessa abordagem diz respeito às limitações da memória de trabalho. Mayer (2002) destaca que a capacidade de processamento cognitivo é limitada, o que torna essencial a organização clara e objetiva das informações apresentadas em materiais didáticos. Recursos visuais bem estruturados, aliados a explicações textuais concisas, podem contribuir para reduzir a sobrecarga cognitiva e favorecer a compreensão gradual de conceitos científicos. Essa organização torna-se especialmente importante quando se trata de conteúdos considerados abstratos ou de maior complexidade, como aqueles frequentemente presentes no campo da bioinformática (Ercan, 2014).

Sob essa perspectiva, a aprendizagem é compreendida como um processo ativo, no qual o estudante seleciona, organiza e integra as informações recebidas aos seus conhecimentos prévios. Essa concepção dialoga com propostas pedagógicas que valorizam a participação do aprendiz na construção do próprio conhecimento. Nesse contexto, o material didático deixa de assumir apenas um papel informativo e passa a atuar como mediador do processo de aprendizagem. Materiais que orientam o estudante por meio de etapas claras, como roteiros didáticos estruturados passo a

passo, podem favorecer a aprendizagem autônoma mesmo quando a mediação direta do professor não ocorre de forma constante.

Diversos estudos empíricos têm apontado evidências que reforçam a aplicabilidade da aprendizagem multimídia no ensino de ciências. No entanto, esses resultados nem sempre são uniformes entre diferentes faixas etárias. McTigue (2009), ao investigar estudantes do ensino fundamental, encontrou resultados mistos quanto ao uso de diagramas em textos científicos, observando melhorias apenas em determinados conteúdos. A autora destaca que os benefícios amplamente observados em aprendizes adultos não se replicam de forma consistente em alunos mais jovens, indicando a necessidade de adaptações pedagógicas. Resultados semelhantes foram encontrados por Ercan (2014), que identificou melhora significativa no desempenho acadêmico e nas atitudes dos estudantes em relação às disciplinas científicas após a utilização de materiais multimídia no processo de ensino. De forma complementar, Chang, Quintana e Krajcik (2010) demonstraram que o engajamento ativo dos estudantes na construção e avaliação de animações contribui significativamente para a compreensão de conceitos científicos abstratos, sendo mais eficaz do que a simples visualização de representações produzidas pelo professor.

Quando se considera o ensino de bioinformática, o uso de materiais multimodais torna-se ainda mais relevante. Essa área envolve, entre outros aspectos, a exploração de bancos de dados biológicos, a análise de sequências moleculares e a visualização de estruturas tridimensionais de proteínas e outras macromoléculas. A integração entre imagens, esquemas visuais e explicações textuais pode facilitar a compreensão desses procedimentos, permitindo que aprendizes com diferentes níveis de formação consigam acompanhar etapas técnicas e conceitos fundamentais quando orientados por materiais didáticos adequadamente estruturados (Mayer, 2002).

Nesse contexto, recursos como fotonovelas científicas e roteiros didáticos ilustrados podem ser compreendidos como estratégias pedagógicas alinhadas aos princípios da aprendizagem multimídia. Ao combinar linguagem acessível, imagens sequenciais e instruções claras, esses materiais possibilitam que o aprendiz acompanhe processos científicos de maneira guiada, contribuindo para reduzir possíveis barreiras cognitivas e técnicas (Lima, 2006). Além disso, essa abordagem amplia as possibilidades de acesso ao conhecimento científico, permitindo que estudantes do ensino médio ou indivíduos sem formação específica na área da saúde

consigam compreender e utilizar determinadas ferramentas científicas a partir de orientações estruturadas.

Dessa forma, a utilização de materiais didáticos multimodais no ensino e na divulgação científica pode contribuir não apenas para a melhoria da aprendizagem, mas também para ampliar o alcance das iniciativas de popularização da ciência. Ao facilitar o contato de diferentes públicos com práticas científicas contemporâneas, como aquelas presentes na bioinformática, esses recursos pedagógicos favorecem a aproximação entre o conhecimento científico e a sociedade. Essa perspectiva dialoga com os princípios da aprendizagem multimídia, segundo os quais a integração entre informações visuais e verbais pode favorecer a compreensão de conteúdos complexos (Mayer, 2002; McTigue, 2009).

4.4 MATERIAIS DIDÁTICOS MULTIMODAIS E A FOTONOVELA COMO ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA PARA A DEMOCRATIZAÇÃO DO ACESSO À BIOINFORMÁTICA

No contexto do ensino de Ciências, diferentes estratégias pedagógicas têm sido propostas com o objetivo de tornar conteúdos científicos complexos mais acessíveis aos estudantes. Entre essas estratégias, destacam-se os materiais didáticos multimodais, que integram diferentes formas de representação do conhecimento, como texto, imagem, esquemas visuais e narrativas (Mayer, 2002). Essa abordagem tem sido considerada especialmente relevante em áreas que envolvem conceitos abstratos, linguagem técnica e procedimentos especializados, como é o caso da Bioinformática (McTigue, 2009).

A utilização de materiais didáticos multimodais tem sido amplamente discutida no contexto educacional contemporâneo. Esses materiais caracterizam-se pela integração de diferentes linguagens com o objetivo de facilitar a compreensão dos conteúdos e promover uma aprendizagem mais significativa. De acordo com a teoria da aprendizagem multimídia proposta por Mayer (2002), a combinação de palavras e imagens pode favorecer o processamento cognitivo da informação, permitindo que os estudantes organizem e integrem melhor os conhecimentos apresentados.

Conforme defendido por Tytler *et al.*, (2013), a utilização de estratégias multimodais no ensino de Ciências é fundamental, pois permite que os estudantes coordenem representações variadas para construir significados mais complexos, reduzindo barreiras cognitivas e favorecendo a construção gradual dos conceitos.

Nesse contexto, a fotonovela ganha um novo sentido no ensino de ciências ao unir a sequência de imagens com textos curtos e diretos. Essa estrutura funciona como um suporte multimodal que ajuda o aluno a não se sentir sobrecarregado diante de tarefas complexas, o que McTigue (2009) descreve como a redução da carga cognitiva. Indo além da simples ilustração, essa construção de representações (Tyler *et al.*, 2013) funciona como um caminho para que o estudante aprenda a linguagem científica na prática, transformando a busca por proteínas em algo real e investigativo.

A utilização de narrativas visuais no ensino favorece a aproximação entre o conteúdo científico e o cotidiano do aprendiz, promovendo maior engajamento e reduzindo a percepção de complexidade excessiva. Conforme Mayer (2002), materiais que integram imagens e palavras possibilitam uma melhor organização mental da informação, especialmente quando apresentam uma sequência lógica de ações, como ocorre em roteiros didáticos ilustrados. Assim, a fotonovela produzida neste trabalho não atua apenas como elemento estético, mas como uma ferramenta cognitiva que orienta o processamento da informação.

Além disso, a fotonovela dialoga diretamente com propostas de democratização do acesso à ciência, ao permitir que indivíduos fora do ambiente acadêmico tradicional compreendam e utilizem ferramentas científicas avançadas, desde que sigam instruções claras e bem estruturadas. Esse aspecto aproxima-se das discussões sobre desigualdades no acesso ao conhecimento científico e às bases de dados internacionais (Amano *et al.*, 2023; Ras *et al.*, 2021), evidenciando a importância de estratégias educacionais que reduzam barreiras linguísticas e técnicas.

Outro ponto relevante é que o uso da fotonovela como material didático não exige, necessariamente, conhecimentos prévios aprofundados em Bioinformática ou computação. Ao apresentar os procedimentos de forma guiada, o material favorece a autonomia do aprendiz, permitindo que ele avance no próprio ritmo e retome etapas sempre que necessário. Essa característica está alinhada a abordagens educacionais que valorizam o protagonismo do estudante e o aprendizado ativo.

Portanto, a utilização de materiais didáticos multimodais, como a fotonovela associada a roteiros descritivos, configura-se como uma estratégia pertinente para o ensino de Bioinformática. Ao integrar elementos visuais e textuais em uma narrativa estruturada, esse tipo de material pode contribuir para a redução de barreiras cognitivas, para a ampliação do acesso ao conhecimento científico e para o

desenvolvimento de práticas pedagógicas mais inclusivas, fundamentando a proposta apresentada neste trabalho.

4.5 FIBROSE CÍSTICA COMO MODELO PARA O ENSINO DA RELAÇÃO GENE–PROTEÍNA–FENÓTIPO

A fibrose cística (FC) é uma doença genética de herança autossômica recessiva, causada por mutações no gene *Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator* (CFTR), responsável pela codificação de uma proteína que atua no transporte de íons através das membranas celulares. Essa disfunção compromete o equilíbrio das secreções, tornando-as espessas e viscosas, o que afeta principalmente os sistemas respiratório e digestório, caracterizando a doença como multissistêmica (Mickie *et al.*, 1998; Ribeiro *et al.*, 2002).

Dentre as mutações descritas, destaca-se a F508del, uma das mais prevalentes, que compromete a estrutura e a função da proteína CFTR. Essa relação entre alteração genética, disfunção proteica e manifestação clínica torna a fibrose cística um modelo relevante para a compreensão da relação gene–proteína–fenótipo, sendo amplamente utilizada em contextos educacionais e científicos (Mickie *et al.*, 1998; Ribeiro *et al.*, 2002).

4.6 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS COMO ESTRATÉGIA PARA O ENSINO ATIVO EM BIOINFORMÁTICA

A Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem-Based Learning – PBL) constitui uma metodologia ativa centrada no estudante, na qual o processo de ensino-aprendizagem é estruturado a partir da análise e resolução de problemas contextualizados, frequentemente inspirados em situações reais. Nessa abordagem, o estudante assume papel protagonista, sendo responsável pela construção do conhecimento por meio da investigação, da formulação de hipóteses e da busca autônoma por informações, enquanto o professor atua como mediador do processo (Romão *et al.*, 2020).

Diferentemente do modelo tradicional, baseado na transmissão de conteúdos, o PBL promove o desenvolvimento de competências cognitivas e atitudinais, como pensamento crítico, tomada de decisão, comunicação e trabalho em equipe. No contexto da formação em saúde, essa metodologia tem se mostrado eficaz ao aproximar o estudante das demandas profissionais, permitindo a articulação entre

teoria e prática desde os primeiros momentos da formação (Romão et al., 2020; Pinto et al., 2013).

Além disso, o PBL favorece a aprendizagem autodirigida, uma vez que os estudantes são incentivados a identificar lacunas em seu conhecimento e buscar ativamente recursos para supri-las. Esse processo contribui para a construção de um perfil profissional mais autônomo e crítico, aspecto considerado essencial diante das exigências contemporâneas do mercado de trabalho e do avanço científico-tecnológico (Pinto et al., 2013).

Outro elemento central dessa abordagem é a interdisciplinaridade. Ao trabalhar com problemas complexos, o PBL exige que os estudantes mobilizem conhecimentos de diferentes áreas, promovendo a integração entre saberes. Essa característica dialoga diretamente com o campo da bioinformática, que se estrutura justamente na articulação entre biologia, computação, estatística e outras áreas do conhecimento. Dessa forma, a utilização do PBL no ensino de bioinformática pode potencializar a compreensão dos conteúdos ao situá-los em contextos investigativos e aplicados (Romão et al., 2020).

A aplicação do PBL também está associada ao desenvolvimento de habilidades relacionadas à prática profissional, como liderança, comunicação e colaboração em equipe. Durante as atividades, os estudantes são frequentemente organizados em grupos, nos quais discutem problemas, propõem soluções e avaliam diferentes possibilidades, o que contribui para o desenvolvimento de competências sociais e profissionais relevantes (Pinto et al., 2013). Além disso, a utilização de problemas reais ou simulados favorece a construção de um raciocínio mais próximo das situações enfrentadas no exercício profissional.

No contexto deste trabalho, a integração entre o PBL e os materiais didáticos multimodais, como a fotonovela, apresenta-se como uma estratégia complementar. Enquanto os recursos multimodais auxiliam na organização e compreensão das informações, reduzindo a carga cognitiva e facilitando o acesso inicial ao conteúdo, o PBL promove a aplicação desse conhecimento em situações-problema, estimulando a investigação e o pensamento crítico. Essa articulação contribui para uma aprendizagem mais significativa, na qual o estudante não apenas compreende os conceitos, mas também é capaz de utilizá-los em contextos práticos (Romão et al., 2020; Pinto et al., 2013).

Dessa forma, o PBL configura-se como uma abordagem pedagógica alinhada às demandas contemporâneas do ensino de Ciências, especialmente em áreas como a bioinformática, que exigem integração de conhecimentos, análise de dados e resolução de problemas complexos. Ao favorecer o protagonismo do estudante e a construção ativa do conhecimento, essa metodologia contribui para a formação de indivíduos mais críticos, autônomos e preparados para atuar em um cenário científico e tecnológico em constante transformação (Romão et al., 2020).

5 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa, com caráter metodológico e exploratório, voltada ao desenvolvimento de um material didático multimodal para o ensino de bioinformática no Ensino Médio.

5.1 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS E CURADORIA EM BASES BIOLÓGICAS

O processo de elaboração do material didático iniciou-se com a definição de critérios para seleção de uma patologia genética a ser explorada, considerando aspectos como relevância clínica, potencial didático e clareza na relação entre gene, proteína e fenótipo. A partir desses critérios, realizou-se uma curadoria de dados em bancos biológicos, com o objetivo de identificar informações acessíveis e bem documentadas sobre genes, proteínas e mutações associadas. Foram priorizadas mutações com alta prevalência e fácil identificação em bases de dados públicas, de modo a favorecer a compreensão dos conceitos envolvidos.

5.2 SELEÇÃO DAS FERRAMENTAS DE BIOINFORMÁTICA

Foram selecionadas bases de dados de livre acesso com interfaces gráficas amigáveis, visando facilitar a mediação pedagógica. (Hernandez *et al.*, 2017; Ramos, 2019). Tal escolha permite que a investigação da doença genética ocorra de maneira mais amistosa, favorecendo o engajamento dos estudantes e o despertar do interesse científico. Nesse contexto, o *OMIM* (OMIM, 2026) foi utilizado para a exploração da relação entre genes e fenótipos, com ênfase na descrição clínica da doença, seus padrões de herança e mutações associadas. Além disso, o *NCBI Gene* (NCBI, 2026) foi empregado para a obtenção de informações gerais sobre o gene de interesse, incluindo sua localização genômica, nomenclatura oficial, funções biológicas e conexões com outras bases de dados. Por sua vez, o *Ensembl* (Ensembl, 2026) foi utilizado para o estudo da arquitetura gênica, possibilitando a visualização de éxons, íntrons, variantes genéticas e diferentes transcritos do gene, contribuindo para uma compreensão mais detalhada da organização estrutural e funcional do material genético.

5.3 DESIGN INSTRUCIONAL E ESTRUTURAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A estruturação do material seguiu uma lógica de complexidade crescente, visando reduzir a carga cognitiva do estudante através de três frentes:

1. Tradução e Mediação: Elaborou-se uma tradução dirigida dos termos técnicos presentes nas interfaces (originalmente em inglês), permitindo que o idioma não fosse uma barreira ao aprendizado.

2. Criação da Narrativa (Fotonovela): Foi desenvolvido o roteiro de uma fotonovela intitulada "O Mistério do Beijo Salgado". A narrativa foi estruturada em 9 cenas, planejadas para conduzir o aluno desde os sintomas iniciais até a necessidade de investigação molecular. O objetivo desta etapa é fornecer um contexto real para a aplicação das ferramentas bioinformáticas. Para a construção das imagens, foi utilizada a plataforma Canva, com apoio de ferramentas de Inteligência Artificial baseadas em modelos de difusão da própria plataforma.

3. Desenvolvimento de Quadro de Coleta: Criou-se quadro estruturado (apresentado na seção de Resultados) que funciona como um guia de execução. Este quadro possui campos em branco para que o estudante registre os dados coletados (como locus, número de exons e função proteica), transformando a navegação digital em uma atividade de pesquisa organizada

5.4 TESTES PRELIMINARES

Os testes preliminares foram executados por integrantes do grupo de estudo, que se reúnem com a professora Christina Pacheco semanalmente no Laboratório de Inclusão Digital (LID) situado no Bloco C da Central de Aulas, localizado no Campus I da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Haja vista que o ambiente possui acesso a computadores com internet, necessários à realização da atividade. Os integrantes do grupo de pesquisa realizaram as atividades sem auxílio para verificar a usabilidade das atividades desenvolvidas, fornecendo feedback e sugerindo melhorias.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 DEFINIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

A Fibrose Cística foi selecionada por sua alta relevância clínica e por constituir um modelo clássico para o estudo da relação "gene-proteína-fenótipo". O processo de elaboração iniciou-se com uma curadoria de dados em bancos biológicos para selecionar as informações mais didáticas sobre o gene CFTR e a proteína correspondente, focando especificamente na mutação F508del, devido à sua prevalência e facilidade de identificação em bases de dados públicas.

6.2 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Como parte central desta pesquisa, foi elaborado um material didático multimodal voltado ao ensino de bioinformática e ao letramento genômico. O produto é composto por uma narrativa visual intitulada "*O Mistério do Beijo Salgado*", no formato de fotonovela, associada a um roteiro de investigação técnica orientado, apresentado no quadro 1. O produto educacional é viável para aplicação no ensino médio, visto que envolve genética que é abordada como disciplina no terceiro ano do ensino médio na educação brasileira (Brasil, 2018).

A proposta fundamenta-se em uma abordagem integradora do ensino de bioinformática, conforme sugerido por Machluf (2017), que defende sua inserção articulada ao currículo mais amplo das ciências. Nesse sentido, o material foi planejado como um guia pedagógico para aulas de genética no Ensino Médio, estruturado para atividades investigativas com duração estimada de duas a três aulas. Do ponto de vista didático, o material apoia-se na multimodalidade, articulando diferentes formas de representação da informação, como texto, imagem e prática digital, o que favorece a construção ativa do conhecimento e amplia as possibilidades de compreensão de conteúdos abstratos (Mayer, 2002; McTigue, 2009).

Quadro 1. Roteiro didático para avaliar o gene associado a Fibrose Cística. Acompanha a fotonovela investigativa apresentada na Figura 1. (Adaptado de Pacheco *et al.*; 2015).

<p>1. Acesse o OMIM através da plataforma NCBI (www.ncbi.nlm.nih.gov/omim) e busque pela doença Cystic Fibrosis (Fibrose Cística).</p> <p>2. Avalie se a doença possui subtipos e encontre o gene envolvido nessa síndrome. Insira o nome do gene na tabela.</p> <p>3. Pesquise o gene ligado à doença nas bases de dados NCBI gene (www.ncbi.nlm.nih.gov/gene) e Ensembl (www.ensembl.org), procurando as informações solicitadas.</p> <p>4. Preencha as informações solicitadas abaixo e na fotonovela, revelando o gene associado à doença, informações sobre ele e suas condições clínicas.</p>	
<p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A pesquisa é sobre genes humanos, portanto, lembre-se de selecionar nas bases de dados a espécie <i>Homo sapiens</i>. • Diversas informações podem ser encontradas em diferentes bases de dados. Entre <i>NCBI gene</i> e <i>Ensembl</i>, a escolha da fonte dos dados fica a critério do participante. 	
Qual o símbolo oficial do gene ligado à síndrome?	
Qual os nomes antigos dos genes (<i>aliases</i>)?	
Qual a localização cromossômica (ex. 3q12) ?	
Qual o sentido da fita: sense (<i>forward sense</i>) / antisense (<i>reverse antisense</i>)?	
Qual o tipo de produto gênico (proteína, miRNA, lncRNA)?	
Quantos transcritos alternativos?	
Qual o nome da proteína codificada?	

Fonte: Elaboração própria, (2026).

6.3 NARRATIVA VISUAL: A FOTONOVELA "O MISTÉRIO DO BEIJO SALGADO"

A fotonovela foi estruturada em nove cenas conforme mostra a figura 1, com o objetivo de promover a transposição didática de conceitos moleculares complexos para uma linguagem acessível aos estudantes. Entretanto, observou-se como limitação a dificuldade de padronização da fisionomia dos personagens ao longo da narrativa, uma vez que esse tipo de tecnologia (Canva) não opera com memória visual consistente, conforme discutido por Cortiz (2023).

Figura 1. Fotonovela com caso biomédico investigativo fictício. Utilizar em conjunto com o quadro 1, que contém o passo a passo e as informações requisitadas. (Adaptado de Pacheco *et al.*; 2015).

		
<p>Uma mãe segura seu bebê de 4 meses e parece preocupada. Ela comenta com o marido: "Você notou que a pele dele parece muito salgada quando eu o beijo?"</p>	<p>No consultório médico, os pais relatam que o bebê tem dificuldade em ganhar peso, apesar de mamar bem, e apresenta tosse frequentes e fezes com aspecto gorduroso.</p>	<p>O médico ouve atentamente e pergunta: "Há algum histórico de problemas respiratórios ou digestivos crônicos na família de vocês?"</p>
		
<p>A mãe recorda que um primo distante faleceu jovem com problemas graves de pulmão, mas não sabia a causa.</p>	<p>O médico solicita o Teste do Pezinho (se não feito) e o Teste do Suor. Ele explica: "Suspeito de uma condição genética que afeta o transporte de sal nas células."</p>	<p>A análise mostra que a doença está associada a polimorfismos no gene _____.</p>
		
<p>A equipe médica investiga a doença em bases de dados genômicos, como o OMIM, e descobre que se trata de uma síndrome de herança autossômica recessiva.</p>	<p>Após o sequenciamento genético, é identificada uma mutação no cromossomo _____, no gene _____, conhecida como _____, responsável pela perda de um aminoácido na proteína CFTR.</p>	<p>O médico revela o diagnóstico de Fibrose Cística e explica que a proteína CFTR regula o transporte de íons _____ nas células, o que explica os sintomas respiratórios e digestivos observados.</p>

Fonte: Elaboração própria das imagens com auxílio da plataforma Canva, (2026).

A escolha de um caso clínico como elemento central funciona como um organizador prévio que promove o processamento ativo. Embora Mayer (2002) foque na estrutura da informação, sua teoria sustenta que o aprendizado significativo ocorre quando o estudante é motivado a organizar o material em um modelo mental coerente para resolver um problema, o que, neste contexto, transforma o acesso a bancos de dados em uma etapa necessária da investigação, e não apenas uma tarefa técnica

6.4 INVESTIGAÇÃO GENÔMICA E TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

A utilização da fotonovela como recurso didático, conforme apresentada neste trabalho, evidencia o potencial das abordagens multimodais no processo de ensino-aprendizagem, especialmente em áreas consideradas abstratas, como a genética e a bioinformática. Ao articular elementos visuais, narrativos e científicos, esse tipo de material favorece a construção de significados pelos estudantes, aproximando conceitos complexos de situações cotidianas e contextualizadas.

De acordo com Mayer (2002), a aprendizagem multimídia ocorre de forma mais eficaz quando diferentes formas de representação da informação são integradas, permitindo que o aluno processe simultaneamente estímulos visuais e verbais. Nesse sentido, a fotonovela “O Mistério do Beijo Salgado” atua como um organizador inicial do conhecimento, despertando o interesse e promovendo engajamento ao apresentar um caso clínico investigativo relacionado à fibrose cística.

Além disso, o uso de narrativas no ensino de ciências contribui para a compreensão de fenômenos ao inserir o conteúdo em uma sequência lógica de eventos, favorecendo a aprendizagem significativa. Conforme discutido por Tytler *et al.* (2013), a construção de representações no ensino de ciências permite que os estudantes desenvolvam interpretações mais profundas dos conceitos científicos, especialmente quando essas representações dialogam com experiências próximas à realidade.

A abordagem adotada também dialoga com os pressupostos de Freire (2003), ao promover uma aprendizagem ativa, na qual o estudante deixa de ser um sujeito passivo e passa a atuar como protagonista na construção do conhecimento. Ao acompanhar a narrativa do caso clínico, o aluno é instigado a levantar hipóteses, interpretar sintomas e relacionar informações, exercitando habilidades investigativas.

Adicionalmente, estudos como os de Ercan (2014) demonstram que o uso de recursos multimídia impacta positivamente o desempenho acadêmico e as atitudes

dos estudantes em relação às disciplinas científicas. No contexto da bioinformática, essa estratégia se mostra ainda mais relevante, considerando as dificuldades frequentemente relatadas pelos alunos ao lidar com conceitos abstratos e ferramentas digitais (Fernandes *et al.*, 2023).

Dessa forma, a fotonovela não apenas introduz o conteúdo de forma acessível, mas também estabelece uma ponte entre o conhecimento teórico e sua aplicação prática, preparando o estudante para as etapas subsequentes de investigação genômica e proteica.

6.5 MEDIAÇÃO TECNOLÓGICA E LETRAMENTO CIENTÍFICO

A sequência didática proposta, composta pelos roteiros de investigação genômica e proteica, complementa a narrativa inicial da fotonovela ao inserir os estudantes em atividades práticas baseadas no uso de ferramentas reais da bioinformática. Essa integração favorece o desenvolvimento do letramento científico e digital, ao permitir que os alunos interajam diretamente com bancos de dados amplamente utilizados na comunidade científica.

A exploração de plataformas como *NCBI*, *OMIM*, *Ensembl* possibilita que os estudantes compreendam como o conhecimento científico é produzido, organizado e acessado. Segundo Danielewski *et al.*, (2025), os bancos de dados biológicos desempenham papel fundamental na ciência contemporânea, sendo essenciais para a análise e interpretação de informações genômicas e proteicas.

Nesse contexto, a proposta didática aproxima o ensino da prática científica real, alinhando-se ao que Machluf *et al.*, (2017) descrevem como uma abordagem de “ciência autêntica”, na qual os estudantes têm a oportunidade de vivenciar processos investigativos semelhantes aos realizados por pesquisadores. Essa experiência contribui para tornar o aprendizado mais significativo e contextualizado.

Além disso, o uso dessas ferramentas favorece o desenvolvimento de habilidades cognitivas complexas, como análise de dados, interpretação de resultados e tomada de decisão, aspectos fundamentais no ensino de bioinformática (Mahanayak, 2024). A atividade também estimula a autonomia dos estudantes, uma vez que eles são responsáveis por buscar, selecionar e organizar as informações solicitadas nos roteiros.

Outro ponto relevante é a articulação entre os níveis genômico e proteico, permitindo que os alunos compreendam a relação entre gene, estrutura proteica e

manifestação fenotípica da doença. Essa integração é essencial para a compreensão da fibrose cística como um modelo biológico, evidenciando como alterações no gene CFTR impactam diretamente a função da proteína e, conseqüentemente, o funcionamento do organismo.

De acordo com Nascimento e Saraiva (2019), a utilização de ferramentas de bioinformática no ensino contribui para a aproximação entre teoria e prática, facilitando a compreensão de conceitos biotecnológicos e ampliando o interesse dos estudantes pela área. Essa abordagem também está em consonância com a necessidade de inserção da bioinformática na educação básica, conforme discutido por Coutinho *et al.*, (2022).

Dessa forma, a proposta apresentada demonstra que a integração entre recursos multimodais e atividades investigativas mediadas por tecnologias digitais constitui uma estratégia eficaz para o ensino de conteúdos complexos, promovendo não apenas a aprendizagem conceitual, mas também o desenvolvimento de competências essenciais para a formação científica dos estudantes.

6.6 TESTES PRELIMINARES COM A EQUIPE FITNOMA

O material didático foi aplicado de forma preliminar junto ao grupo de estudos FITNOMA, em atividades realizadas no laboratório de inclusão digital da Universidade Federal da Paraíba. Durante a aplicação, observou-se que os participantes (alunos universitários) conseguiram seguir o roteiro investigativo proposto, acessando as plataformas digitais e identificando informações relevantes sobre a fibrose cística e o gene CFTR. Esse resultado evidencia a viabilidade do uso de bases de dados biológicos no contexto educacional, mesmo entre estudantes em fase inicial de contato com ferramentas de bioinformática.

Entretanto, foram identificadas dificuldades pontuais relacionadas à navegação nas plataformas e à compreensão de termos técnicos em língua inglesa. Em especial, a identificação da orientação da fita (sense/antisense) apresentou maior nível de dificuldade, uma vez que os termos estavam disponíveis apenas em inglês nas interfaces das bases de dados, dificultando seu reconhecimento pelos estudantes. A dificuldade relacionada ao uso de termos em língua inglesa, observada durante a aplicação, já é apontada na literatura como uma das barreiras no uso de ferramentas de bioinformática em contextos educacionais, especialmente na educação básica (Lima, Cansação, 2022).

O feedback oferecido pelos integrantes do grupo de pesquisa levou a adaptações no quadro-síntese para incluir os termos em inglês ao lado de suas correspondentes em português, facilitando a associação conceitual e a localização das informações nas plataformas. Após essa modificação, observou-se melhora na execução da atividade, indicando que ajustes simples no material podem contribuir significativamente para a mediação da aprendizagem.

De modo geral, os resultados preliminares indicam o potencial da proposta como ferramenta de apoio ao ensino de genética e bioinformática, especialmente ao promover o engajamento dos estudantes em atividades investigativas e aproximá-los de práticas científicas reais.

Como limitação, destaca-se que a aplicação ocorreu em um contexto de grupo de estudos com alunos universitários, sendo necessária a implementação da proposta em ambiente escolar formal para avaliação mais abrangente de sua eficácia, especialmente no que diz respeito à mediação docente e às dinâmicas de sala de aula.

7 CONCLUSÃO

O presente trabalho cumpriu o objetivo de desenvolver um conjunto de materiais didáticos, composto por uma fotonovela e roteiro prático, voltados para o ensino de bioinformática e alfabetização genômica no Ensino Médio, bem como de selecionar um gene e uma patologia modelo para contextualização dos conteúdos, utilizando a Fibrose Cística como estudo de caso.

A construção deste material demonstrou que a transposição didática de temas complexos é viável quando mediada por estratégias de engajamento. A escolha da narrativa "O Mistério do Beijo Salgado" permitiu humanizar o dado genético, transformando a busca em bancos de dados (NCBI, Ensembl e OMIM) em uma investigação científica com propósito real para o aluno.

Observou-se que a estrutura passo a passo dos roteiros atua como um suporte fundamental, reduzindo a sobrecarga cognitiva e mitigando barreiras técnicas e linguísticas que frequentemente afastam os estudantes da ciência contemporânea.

Embora o material apresente um alto potencial pedagógico por promover o protagonismo discente e a alfabetização genômica, o estudo apresenta como limitação o fato de o produto ainda não ter sido aplicado em um contexto real de sala de aula. Portanto, a eficácia plena desta proposta depende de futuras implementações que considerem a mediação do professor e a infraestrutura tecnológica das escolas.

Por fim, este trabalho reafirma a importância de integrar ferramentas biotecnológicas modernas ao currículo básico. Mais do que ensinar a utilizar softwares, a proposta aqui apresentada visa democratizar o acesso ao conhecimento científico, preparando os jovens para compreender e intervir em uma realidade cada vez mais influenciada pela genética e pela bioinformática. Conclui-se que o desenvolvimento deste material não apenas ensina bioinformática, mas remove o estigma de que a ciência avançada é inacessível para a escola pública.

REFERÊNCIAS

AMANO, T.; RAMÍREZ-CASTAÑEDA, V.; BERDEJO-ESPINOLA, V.; et al. The manifold costs of being a non-native English speaker in science. **PLoS Biology**, v. 21, n. 7, e3002184, 2023. Acesso em: 14 nov. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base>. Acesso em: 09 fev. 2026.

CHANG, H. Y.; QUINTANA, C.; KRAJCIK, J. S. The impact of designing and evaluating molecular animations on how well middle school students understand the particulate nature of matter. **Science Education**, v. 94, n. 1, p. 73–94, 2010. Acesso em: 03 out. 2025.

CORTIZ, D. IAs generativas: a importância dos comandos para texto e imagem. **Aurora: revista de arte, mídia e política**, v. 16, n. 47, p. 76-94, 2023. Acesso em: 20 jan. 2026.

COUTINHO, T. J. D.; DE SOUSA, F. B.; VASCONCELOS, R. A. Bioinformática para a Educação Básica. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 13, n. 4, p. 1–16, 2022. Acesso em: 06 jan. 2026.

CREMONESI, A. S. Ferramentas online e gratuitas aplicadas no ensino da estrutura proteica. **BIOINFO**, v. 4, 2024. Acesso em: 18 dez. 2025.

DANIELEWSKI, M. et al. History of biological databases. **Genes**, v. 16, n. 1, p. 100, 2025. Acesso em: 07 fev. 2026.

ENSEMBL. **Genome browser**. Disponível em: <https://www.ensembl.org>. Acesso em: 9 abr. 2026.

ERCAN, O. The effect of multimedia learning. **Journal of Baltic Science Education**, v. 13, n. 5, p. 608–622, 2014. Acesso em: 11 ago. 2025.

FERNANDES, P.; BRUNO, F.; CAMILENA, A.; DOMINGOS, J. Há espaço para a bioinformática no ensino de biologia? **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 21, n. 2, p. 179-191, 2023. Acesso em: 02 jan. 2026.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. São Paulo: Paz e Terra, 2003.

GAO, Y.; LIU, Q. Role of bioinformatics databases. **Radiation Medicine and Protection**, 2024. Acesso em: 28 nov. 2025.

HASSUNUMA, R. M. **Dicionário visual de Bioquímica Estrutural**. Bauru: Canal 6, 2023.

HERNANDEZ-DE-DIEGO, R. et al. The eBioKit. **PLoS Computational Biology**, v. 13, n. 9, p. 1-14, 2017. Acesso em: 17 set. 2025.

LIMA, A. B. M.; CANSANÇÃO, I. F. A bioinformática e sua inserção no ensino superior brasileiro atual. **Revista Bioinfo**, 2022. Acesso em: 05 fev. 2026.

LIMA, M. F.; ARAÚJO, J. F. S. A utilização das TIC. **Revista Educação Pública**, v. 21, n. 23, 2021. Acesso em: 22 dez. 2025.

LIMA FREIRE, L. G. Concepções sobre aprendizagem. **Ciência & Cognição**, v. 9, p. 162-168, 2006. Acesso em: 30 jan. 2026.

MACHLUF, Y. et al. Making authentic science accessible. **Briefings in Bioinformatics**, v. 18, n. 1, p. 145-159, 2017. Acesso em: 12 set. 2025.

MAHANAYAK, B. Meaning of bioinformatics. **World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences**, v. 12, n. 2, p. 053–056, 2024. Acesso em: 19 nov. 2025.

MAYER, R. E. Multimedia learning. **Psychology of Learning and Motivation**, v. 41, p. 85–139, 2002. Acesso em: 01 ago. 2025.

McTIGUE, E. Does multimedia learning theory extend? **Contemporary Educational Psychology**, v. 34, n. 2, p. 143–153, 2009. Acesso em: 25 jul. 2025.

MICKIE, J. E.; CUTTING, G. R. Clinical implications of cystic fibrosis transmembrane conductance regulator mutations. **Clinics in Chest Medicine**, v. 19, n. 3, p. 443–458, 1998.

NASCIMENTO, Y. A. P.; SARAIVA, L. F. M. Ferramentas de bioinformática. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 17, n. 1, p. 75-90, 2019. Acesso em: 08 out. 2025.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION (NCBI). **Gene**. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene>. Acesso em: 9 abr. 2026.

OMIM. **Online Mendelian Inheritance in Man**. Disponível em: <https://www.omim.org>. Acesso em: 9 abr. 2026.

PACHECO, C.; VIEIRA, L. L.; ALVES, J. O.; SOARES, P. M.; CECCATTO, V. M. Bancos de dados biológicos: uma investigação médica para familiarizar-se com a bioinformática. **Genética na Escola**, v. 10, n. 2, p. 162-169, 2015. Acesso em: 28 jun. 2025.

RAMOS, P. I. P. et al. Leveraging user-friendly approaches. **Frontiers in Genetics**, v. 10, p. 1-19, 2019. Acesso em: 27 dez. 2025.

RAS, V. et al. Challenges in bioinformatics training. **Frontiers in Education**, v. 6, 2021. Acesso em: 04 fev. 2026.

RIBEIRO, J. D.; RIBEIRO, M. A. G. O.; RIBEIRO, A. F. Controvérsias na fibrose cística: do pediatra ao especialista. **Jornal de Pediatria**, v. 78, supl. 2, p. 171–186, 2002.

SABIA, C. P. P.; SORDI, M. R. L. Infraestrutura escolar. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 16, n. 1, p. 127-152, 2021. Acesso em: 16 nov. 2025.

SILVA, CP; SILVA, KMA; SILVA, DD; FREITAS, RM; PACHECO, C. Integrando a bioinformática ao ensino: procedimentos operacionais padrão como ferramentas de aprendizagem. In: ONE, GMC. **Saúde e meio ambiente: Recursos Naturais, Bioprocessos e Saúde em uma visão integrada**. Joao Pessoa: IMEA, 2025. P. 117-136.

SOUSA, F. B. et al. Potencialidades da bioinformática. **BIOINFO**, v. 3, 2023. Acesso em: 21 jan. 2026.

TEDESCHI, M. J. L. et al. Bioinformática como componente interdisciplinar. **Visão Acadêmica**, v. 24, n. 3, 2023. Acesso em: 29 out. 2025.

TYTLER, R.; PRAIN, V.; HUBBER, P.; WALDRIP, B. **Constructing representations to learn in science**. Dordrecht: Springer, 2013.

VASCONCELOS, J. C. et al. Infraestrutura escolar. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 29, n. 113, p. 874-898, 2021. Acesso em: 10 set. 2025.