ALEXANDRIA
Revista de Educação em Ciência e Tecnologia

BNCC e Ensino de Genética: uma análise comparativa de coleções de livros didáticos do ensino médio antes e após sua implementação

BNCC and Genetics Education: a comparative analysis of high school textbook collections before and after its implementation

Vanessa Macedo Rodrigues[1]
https://orcid.org/0009-0000-5276-5492
Telma Temoteo dos Santos[1]
https://orcid.org/0000-0003-0250-3990

1. Colegiado das Ciências Biológicas, Universidade de Pernambuco, Petrolina, Brasil. E-mail: vanessa.macedorodrigues@upe.br; telma.temoteo@upe.br

Resumo: Esta pesquisa objetivou identificar, analisar e comparar os impactos os impactos das mudanças curriculares nos livros didáticos, de Biologia, no ensino de Genética, com enfoque nos períodos antes e pós publicação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Foram analisados nove livros didáticos dos PNLD 2018 e PNLD 2021, do componente curricular Biologia e da área de conhecimento Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Para a categorização dos conteúdos foram instituídas oito categorias de análise textual. Os resultados apontam que apesar de alguns avanços pós BNCC os impactos são notáveis na redução dos temas em razão da nova configuração do PNLD. Os livros no novo PNLD também foram impactados com relação à contextualização e recapitulações. Como desdobramentos é indicado investigar como as políticas curriculares estaduais e de formação docente têm impactado o ensino de Biologia em suas diferentes áreas.

Palavras-chave: currículo, políticas educacionais, ensino de biologia, recursos didáticos.

Abstract: This research aimed to identify, analyze, and compare the impacts of curricular changes in biology textbooks on the teaching of genetics, focusing on the periods before and after the publication of the National Common Core Curriculum (BNCC). Nine textbooks from PNLD 2018 and PNLD 2021 were analyzed, from the Biology curriculum component and the Natural Sciences and Technologies knowledge area. Eight categories of textual analysis were established for the categorization of content. The results indicate that, despite some advances after the BNCC, the impacts are notable in the reduction of topics due to the new configuration of the PNLD. The books in the new PNLD were also impacted in terms of contextualization and summaries. As a follow-up, it is recommended to investigate how state curriculum and teacher training policies have impacted the teaching of biology in its different areas.

Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, Florianópolis, v. 19, p. 1-33, 2026.
Universidade Federal de Santa Catarina. ISSN 1982-5153
DOI http://doi.org/10.5007/1982-5153.2026.e105564

Keywords: curriculum, educational policies, biology teaching, teaching resources.

Introdução

Os desafios do ensino-aprendizagem de Biologia são vastos e complexos, em razão das demandas educacionais atuais. As transformações sociais, impulsionadas pelo avanço tecnológico e pela globalização, impõem reestruturações dos ambientes escolares para que estes possam encabeçar a preparação dos estudantes, na tomada de decisões, em um mundo interconectado (Vivarini & Vivarini, 2021; Dantas & Sousa, 2017; Grimes et al., 2016).

Por exemplo, no ensino de Biologia, a Genética apesar de sua relevância social e interdisciplinar (Lima et al. 2024), se constitui um desafio aos professores, devido à sua carga conceitual complexa e sem as devidas transposições didáticas para a educação básica (Paiva & Martins, 2005).

Neste cenário, os livros didáticos desempenham um papel primordial no ensino, já que são produtos diretos e institucionalizados das reformas educacionais e a indissociabilidade entre a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Plano Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), exemplifica essa relação (Silva, 2019).

Considerando, entretanto, que a BNCC, por meio do PNLD, impactou significativamente os livros didáticos ao promover uma orientação para o reducionismo e fragmentação (Rosa et al. 2022), esta pesquisa partiu do questionamento se as modificações propostas (e impostas) pela BNCC superaram a política curricular anterior, sobretudo no que se refere à seleção (quantitativa e qualitativa) de conteúdos da Biologia.

Assim, o objetivo deste estudo consistiu em identificar, analisar e comparar os impactos das mudanças nos livros didáticos do PNLD 2018 e 2021 em relação ao ensino de Genética no componente curricular Biologia.

Livros Didáticos e os Processos de Ensino e Aprendizagem em Biologia e Genética: o que (não) Esperar com as Reformas Curriculares?

Para além do caráter educativo, os livros didáticos são produtos de uma complexa rede de conexões culturais, econômicas e políticas, envolvendo a legitimação de conhecimentos historicamente produzidos. Refletem e materializam aspectos da(s) cultura(s) e do(s) saber(es), considerados essenciais para a formação dos indivíduos na vida em sociedade (Occelli & Valeiras, 2013).

A resposta para a pergunta sobre quais conhecimentos irão compor os livros didáticos é um dos problemas já que estes não podem incluir todo conteúdo de uma área, pois inviabilizaria o seu uso e as finalidades inerentes dos processos educativos nas escolas. Assim, espera-se que a seleção dos conteúdos considere as ideias centrais e organizadoras dos conhecimentos prévios para facilitar a assimilação de novos conhecimentos. Ou seja, priorize os conceitos estruturantes. Porém, apenas os conteúdos conceituais são priorizados como estruturais pois o ensino nas escolas tende a seguir uma orientação propedêutica (Galgliardi,1986).

Todavia, o aprendizado de um sujeito sociocultural e histórico é indissociável de outros conteúdos, como os procedimentais e atitudinais. O desafio imperativo está, portanto, não apenas na seleção dos tipos de conteúdos, mas também na compreensão epistemológica destes, e da orientação ideológica adotada pelos atores sociais da escola e comunidade (Carvalho, 2016; Coll et al. 1992).

A interdisciplinaridade e contextualização emergem como tentativas de mediação desta problemática de seleção e organização metodológica. Para a interdisciplinaridade, os professores precisam reconhecer as relações entre as áreas por onde os temas de ensino atravessam e dialogam (Nicoletti, 2017). Já a contextualização se apresenta como modo de superar a fragmentação dos conteúdos escolares, conectando o que é ensinado em sala de aula com os contextos científicos e sociais (Florentino & Fernandes, 2015; Kato & Kawasaki, 2011).

A BNCC, enquanto política de reorganização curricular e que levanta a bandeira da interdisciplinaridade e contextualização, recebe críticas contundentes sobre o caráter reducionista e de alinhar a formação dos estudantes às exigências do mercado de trabalho, limitando a diversidade metodológica e abordagem crítica dos conteúdos (Piccinini & Andrade, 2018). No caso da Biologia, sua dissolução dentro da área Ciências da Natureza e suas Tecnologias, pode comprometer sua identidade enquanto disciplina, a formação de professores, a produção de LDs e o trabalho de sociedades científicas (Selles & Oliveira, 2022).

O ensino de Genética, alocado na Biologia pode sofrer graves consequências quando imerso em uma grande área do conhecimento, se não houver um tratamento didático-pedagógico consistente, para a interdisciplinaridade, contextualização e para o tão criticado ensino por competências e habilidades. Mesmo antes da implementação da BNCC e do Novo Ensino Médio, a Genética enfrentava, na educação básica, desafios como a precária formação (inicial e continuada) docente, livros didáticos com abordagem unidirecional e/ou superficial e metodologias

tradicionalistas, com enfoque na transmissão de conteúdos (Araújo & Gusmão, 2017).

Somam-se a esses fatores, as dificuldades dos estudantes com a biomatemática e a limitação de tipos de recursos disponíveis nas escolas que, por vezes, contam apenas com quadro e pincel (Araújo et al. 2018). E, a engessada abordagem sobre hereditariedade por meio de símbolos como Aa, aa, BB, bb (Lopes, 2023).

Entretanto, tais desafios devem ser problematizados e enfrentados, pois os conteúdos da Genética, quando interligados à outras áreas da Biologia, são fundamentais para a compreensão dos processos biotecnológicos, da adaptação dos seres vivos, biodiversidade e hereditariedade (Siqueira et al. 2021).

Assim, os livros didáticos e as práticas docentes necessitam superar abordagens meramente descritivas e apresentar meios para a construção ativa e crítica do conhecimento. Dessa maneira, a análise dos livros didáticos antes e após a BNCC é importante para compreender como essas mudanças estão sendo implementadas e quais os impactos na seleção de conteúdos que irão compor os livros didáticos.

Metodologia

Para alcançar os objetivos desta pesquisa, foi adotada a análise documental orientada em Fonseca (2002) e Gil (2007) de livros didáticos de Biologia (PNLD 2018) e Ciências da Natureza e suas Tecnologias (PNLD 2021), com enfoque investigativo nos conteúdos de genética aprovados pelo PNLD.

Os exemplares foram obtidos, gratuitamente, no *site* da Editora Moderna e no portal do Ministério da Educação (MEC), na seção PNLD. No total, foram examinados nove volumes, de autoria de José Mariano Amabis, Gilberto Rodrigues Martho e outros colaboradores (Tabela 1).

Tabela 1

Coleções de livros aprovados pelos PNLD 2018 e 2021 e analisados para a pesquisa sobre os impactos da BNCC nos conteúdos de Genética

Identificação	PNLD	Coleção	Volume e identificação
Coleção A	2018	Biologia moderna, dos autores José Mariano Amabis e Gilberto Rodrigues Martho.	Volume 1 – **LD1;** Volume2 – **LD2** Volume 3 – **LD3**
Coleção B	2021	Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas Tecnologias, dos autores José Mariano Amabis; Gilberto Rodrigues Martho; Nicolau Gilberto Ferraro; Paulo Cesar Martins Penteado; Carlos Magno A. Torres; Júlio Soares; Eduardo Leite do Canto; Laura Celloto Canto Leite.	Volume 1: O conhecimento científico – **LD4** Volume 2: Água e vida – **LD5** Volume 3: Matéria e energia – **LD6** Volume 4: Humanidade e ambiente – **LD7** Volume 5: Ciência e tecnologia – **LD8** Volume 6: Universo e evolução – **LD9**

Fonte: Elaborada pelas autoras (2024).

Os três exemplares da Coleção A (PNLD 2018) foram utilizados como referência para o período anterior à implementação da BNCC, intitulados Biologia Moderna. Já os seis exemplares da Coleção B, lançados em 2021, seguem as diretrizes da BNCC e do Novo Ensino Médio, intitulados Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Com a implementação da BNCC, os livros no novo PNLD apresentam os conteúdos de Física, Química e Biologia, integrados, substituindo os livros específicos para cada área.

A escolha da Coleção A (PNLD 2018) como marco anterior à BNCC foi baseada nos critérios: i) os livros são assinados por autores reconhecidos por sua contribuição ao ensino de Biologia na educação básica; ii) é recomendada para os participantes da Olimpíada Brasileira de Biologia, organizada pelo Instituto Butantan, o que reforça sua relevância e qualidade; iii) são livros consolidados no ensino de Biologia, e frequentemente atualizados; iv) são adotados por importantes instituições de ensino; v) e, os seus conteúdos oferecem uma formação sólida e orientada pela Teoria Evolucionista.

Diante disso, tornou-se relevante realizar uma análise comparativa com a Coleção B (PNLD 2021), elaborada pelos mesmos autores, a fim de compreender as implicações das reformas curriculares nos livros didáticos, especialmente no que se refere aos conteúdos de genética.

A análise dos livros didáticos ocorreu entre setembro e novembro de 2024, segundo categorias pré-definidas a partir da leitura exploratória de metodologias e critérios validados por estudos semelhantes (Del Rio, 2023; Rocha et al., 2023; Silva et al., 2022).

Na tabela 2, estão apresentadas as categorias e como a análise foi conduzida.

Tabela 2

Critérios para categorização do conteúdo sobre genética, nos livros didáticos selecionados para a pesquisa

Categorias	Descrição	Possíveis valores
1. Número de páginas dedicadas à genética	Avalia quantas páginas do livro são dedicadas ao conteúdo de genética.	Valor numérico
2. Contextualização	Verifica se o conteúdo de genética é contextualizado com a realidade do aluno, aproximando o conhecimento científico do cotidiano estudantil.	Forte/Intermediário
3. Linguagem utilizada	Avalia se a linguagem é adequada ao nível de maturidade dos alunos; se os termos técnicos são explicados de forma clara; e analisa elementos estruturais pré-estabelecidos.	Coerente/Incoerente, Coeso/Não coeso, Presença de analogias/Ausência de analogias, Presença de recapitulações/Ausência de recapitulações, Presença de termos científicos/Ausência de termos científicos

4.	Organização do conteúdo	Avalia se o conteúdo é organizado de forma didática, com progressão lógica dos tópicos e coerência na sequência didática.	Sequência gradual/Sequência não gradual, Distribuição de conteúdos de forma não fragmentada/Distribuição de conteúdos de forma fragmentada
5.	Elementos imagéticos	Avalia a quantidade e qualidade das imagens, gráficos e tabelas, bem como a clareza dessas representações visuais.	Número total distribuído em categorias e subcategorias. Análise qualitativa dos elementos.
6.	Práticas sugeridas e exercícios propostos	Analisa o número de exercícios e a proporção de exercícios críticos que promovem o pensamento investigativo versus os que focam na memorização. Verifica se o livro sugere práticas experimentais que incentivam a aprendizagem ativa, como atividades laboratoriais ou de campo.	Número total: Práticas sugeridas; Questões de fixação de conteúdo; Questões de exercitar o pensamento e Questões de vestibulares e Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)
7.	Orientações para professores	Examina se o livro fornece orientações metodológicas para os professores, como sugestões de estratégias de ensino e abordagens interdisciplinares.	Sim/Não, Detalhado/Sucinto
8.	Competências e habilidades previstas pela BNCC (para a coleção B)	Verifica se o livro está alinhado às competências gerais e específicas da BNCC para o ensino de Ciências da Natureza. Analisa se o livro promove o desenvolvimento das habilidades científicas previstas na BNCC, como pensamento crítico e resolução de problemas.	Sim/Não

Fonte: Elaborada pelas autoras (2024).

Resultados e Discussões

Categoria: Análise dos Volumes e Total de Páginas

Dos livros analisados, identificou-se que ao menos um volume de cada coleção aborda temas relacionados à genética (Tabela 3).

Tabela 3

Dados dos volumes selecionados para análise em cada coleção

Coleção	Volume	Capítulos	Nº de páginas
Coleção A (PNLD 2018)	Volume 1	Capítulo 6 – Núcleo celular, mitose e síntese de proteínas	34
		Capítulo 9 – Tipos de reprodução, meiose e fecundação	18
	Volume 3	Capítulo 1 – Lei da herança da Genética	27
		Capítulo 2 - As bases cromossômicas da herança	24
		Capítulo 3 – Herança e sexo	13
		Capítulo 4 – Genética e Biotecnologia na atualidade	24
Coleção B (PNLD 2021)	Volume 1- O conhecimento científico	Capítulo 8 - Citologia (II): Núcleo celular, cromossomos e mitose	11
		Capítulo 13 – Reprodução, meiose e embriologia animal	11
	Volume 5- Ciência e tecnologia	Capítulo 1 – As leis da Herança	13
		Capítulo 2 – Bases cromossômicas da Herança	11
		Capítulo 3 – O código genético e a síntese de proteínas	12
		Capítulo 10 – Genética e Biotecnologia na atualidade	12

Fonte: Elaborada pelas autoras (2024).

Vale ressaltar que os capítulos abordam conteúdos equivalentes em ambas as coleções, ou seja, temas e conceitos que tratam dos mesmos conteúdos programáticos, mesmo que apresentados de forma diferentes. Essa equivalência

permite uma análise comparativa mais consistente dos dados, uma vez que facilita a comparação direta entre os mesmos conteúdos.

Por exemplo, na coleção A (PNLD 2018), um dos capítulos explora os temas núcleo celular, o processo de mitose e a síntese de proteínas. Já na coleção B (PNLD 2021), esses temas estão distribuídos entre os diferentes volumes: um deles trata de núcleo celular, cromossomos e mitose, enquanto outro foca no código genético e na síntese de proteínas.

Quanto ao total de páginas, observa-se uma clara redução no espaço dedicado ao tema de genética na coleção do PNLD/2021. Enquanto a Coleção A (PNLD 2018) destina 140 páginas à genética, a Coleção B (PNLD 2021) dedica apenas 70 páginas, representando uma diminuição de 50%. De forma semelhante, a pesquisa de Rocha et al. (2023) também evidenciou uma redução significativa no conteúdo de citologia nas mesmas coleções analisadas.

A porcentagem foi ainda mais acentuada, atingindo 69%, com o número de páginas reduzido de 72 para apenas 22. Os autores destacam que essa diminuição na abordagem dos conteúdos pode ter implicações na formação dos alunos, possivelmente resultando em lacunas no processo de aprendizado.

Essa diminuição é preocupante, considerando a importância da genética no contexto educacional atual, onde avanços biotecnológicos e debates éticos estão em alta. Na BNCC, para os estudos das Ciências da Natureza, a competência 3 traz a habilidade EM13CNT304 que indica

> analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, produção de armamentos, formas de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista (Brasil, 2018, p. 17).

Se reconhece, entretanto, que um quantitativo maior não leva a correlação direta para qualidade, pois depende de fatores como escolhas assertivas e orientadas pela criticidade, contextualização, atualização, dentre outros preceitos importantes para uma educação cidadã.

Categoria Contextualização

Nos capítulos analisados da Coleção A (PNLD 2018) conforme tabela 4, nota-se um esforço dos autores na contextualização dos conteúdos, que abrange aspectos históricos e vida cotidiana.

Tabela 4

Nível de contextualização de cada coleção analisada.

Coleção	Nível de contextualização
Coleção A (PNLD 2018)	Forte
Coleção B (PNLD 2021)	Intermediário

Fonte: Elaborada pelas autoras (2024).

Desde a introdução de cada capítulo, há uma preocupação evidente em ressaltar a importância científica dos temas abordados, bem como seus possíveis impactos na sociedade. Além disso, o conhecimento científico é problematizado, sendo apresentado como uma construção social e histórica, sujeita a revisões e reflexões.

Ricardo (2005) explica que a contextualização, fundamentada na ideia de temas geradores de Paulo Freire, pode facilitar a aprendizagem significativa. Essa abordagem permite que os alunos desenvolvam uma relação dialética com o mundo, promovendo reflexão, ação e transformação, tanto da realidade quanto deles mesmos. Ele identifica três dimensões interligadas da contextualização: a transpositiva, que trata de como os saberes são apresentados e ensinados; a epistemológica, que destaca a importância de os alunos aprenderem a relacionar teoria e prática, integrando o conhecimento ao seu cotidiano; e a sócio-histórica, que visa estimular diálogos e reflexões sobre situações-problema, ajudando os alunos a darem sentido ao que aprendem, além da simples aplicação do conhecimento (Ricardo, 2005).

Na análise da Coleção A (PNLD 2018) os resultados para essa categoria exemplificam essa perspectiva, pois a obra não só aborda os conteúdos de genética, no âmbito biológico, mas também os relaciona a questões sociais relevantes, buscando promover um ensino-aprendizado mais significativo e conectado à realidade dos alunos. Um exemplo dessa abordagem é o boxe "Ciência e Cidadania", que introduz discussões sobre dilemas éticos relevantes, como clonagem, uso de células-tronco e identificação de pessoas pelo DNA. Esse boxe também traz o que é intitulado como "Guia de Leitura", com questões para guiar os alunos na interpretação dos textos.

Por outro lado, a Coleção B (PNLD 2021) apresenta tentativas de contextualização dos conteúdos relacionados à genética de modo mais restrito, focada principalmente nos aspectos históricos. É evidente que os livros dessa coleção resultam de adaptações de textos maiores (como os da Coleção A – PNLD

2018), o que acarretou uma fragmentação tanto do conteúdo quanto da contextualização, um dos problemas acarretado pela redução no número de páginas anteriormente descrita.

Como exemplo: a Coleção B (PNLD 2021) não apresenta a técnica da identificação de pessoas através do DNA, um assunto amplamente divulgado na mídia e em produções audiovisuais, que poderia despertar a curiosidade dos alunos em entender não apenas esse processo, como também outros relacionados, na Genética.

De acordo com Moreira (2017), os conteúdos de Genética estão relacionados às questões científicas, socioculturais, políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e, até mesmo, de ordem ética e filosófica. Do mesmo modo, como nos lembra Freire (2011), o aluno é um ser que está no e com o mundo, ou seja, ele está inserido nesses contextos que os professores podem utilizar para efetivar o processo de contextualização.

Assim, é fundamental que as adaptações de conteúdos nos LDs, ao se ajustarem às novas exigências das reformas curriculares, preservem a inter-relação entre as diferentes dimensões da contextualização identificadas no trabalho de Ricardo (2005). Esse tratamento conceitual e didático-pedagógico é necessário para evitar uma abordagem fragmentada que possa comprometer a compreensão dos temas abordados. Além disso, é importante atentar para a manutenção da precisão histórica e científica, de modo a evitar distorções que possam desinformar ou criar interpretações equivocadas.

Categoria Linguagem Utilizada

Os volumes de ambas as coleções foram analisados com base em elementos estruturais que contribuem para a organização do texto, tais como a coerência, coesão, uso de analogias, recapitulações e termos científicos (Tabela 5). Esses critérios foram adaptados do estudo de Nascimento e Martins (2009), que objetivaram caracterizar a linguagem dos textos sobre a genética nos LDs de Ciências do Ensino Fundamental.

Tabela 5

Análise das coleções de acordo com os elementos estruturais para a categoria linguagem utilizada

Coleção A (PNLD 2018)	Elementos estruturais
Coleção A (PNLD 2018)	Coerente /Coeso/Presença de analogias/ Presença de recapitulações/Presença de termos científicos
Coleção B (PNLD 2021)	Coerente/Coeso/Ausência de analogias/ Ausência de recapitulações/Presença de termos científicos

Fonte: Adaptado de Nascimento e Martins (2009).

A coesão refere-se aos elementos linguísticos que se conectam de forma harmoniosa, estabelecendo relações lógicas que estruturam o texto (Conceição, 2023). Já a coerência, conforme Travaglia e Koch (2018), é um princípio de interpretabilidade que depende da capacidade dos leitores de recuperar o sentido do texto; essa capacidade pode variar para o mesmo leitor, dependendo do contexto, e para leitores diversos, considerando fatores como conhecimento prévio sobre o tema, familiaridade entre os leitores, domínio dos recursos linguísticos empregados e grau de integração entre os leitores e o tema.

Embora ambas as coleções apresentem uma linguagem coesa e coerente, a Coleção A (PNLD 2018) se destaca pela sua escrita mais fluida e pelo uso de analogias que podem vir a ajudar na compreensão de conceitos complexos e abstratos.

Ferraz e Terrazzan (2003) ressaltam que conceitos científicos considerados "indigestos" pelos alunos se tornam mais acessíveis quando apresentados de forma mais "palatável" através desse recurso de linguagem. Nesse sentido, a analogia entre dois conceitos permite comparar as características ou partes de diferentes elementos, evidenciando suas relações (Ferraz & Terrazzan, 2003). Por exemplo, o material genético é comparado a "receitas", enquanto as bases nitrogenadas são descritas como "letras químicas" na Coleção A (PNLD 2018), o que não é evidenciado na Coleção B (2021).

No entanto, segundo Hoffmann e Scheid (2007), o uso inadequado e não planejado pode gerar confusões, além de manter ou até criar concepções alternativas errôneas entre os alunos. Apesar de alguns autores argumentem que uma solução seria evitar o uso de analogias, essa ideia não é prática, já que os seres humanos tendem a pensar e a ensinar analogicamente (Hoffmann & Scheid, 2007).

Caso o professor não apresente devidamente as analogias do livro-texto ou se o aluno utiliza apenas o livro como material de estudo, o aprendizado dependerá exclusivamente da explicação do autor do livro didático. Porém, ao contrário do professor, o autor não tem como verificar se o aluno compreendeu a analogia. Daí a importância de os autores de livros didáticos selecionarem bons exemplos para ilustrar as analogias, antecipando dificuldades que possam surgir e incluindo informações que favoreçam uma compreensão adequada (Hoffmann & Scheid, 2007).

Voltando aos exemplos das analogias evidenciadas na Coleção A (PNLD 2018), embora a comparação do material genético a "receitas" e das bases nitrogenadas a "letras químicas" possa tornar os conceitos mais acessíveis, surge a questão: essas analogias realmente capturam a complexidade dos processos biológicos envolvidos ou simplificam demais a compreensão dos alunos?

A analogia da receita pode levar à ideia de que o DNA é um manual rígido e imutável, ignorando a dinâmica das interações genéticas, epigenéticas e ambientais que influenciam a expressão gênica. Da mesma forma, a comparação das bases nitrogenadas a letras químicas pode fazer com que os alunos visualizem o DNA apenas como uma sequência de letras, desconsiderando sua tridimensionalidade e a importância da estrutura para a função (Santos et al. 2015).

Outro ponto de destaque da Coleção A (PNLD 2018) é a presença de recapitulações, aspecto que não é observado na Coleção B (PNLD 2021), possivelmente devido à adaptação curricular para um material didático com redução quantitativa. Segundo Nascimento e Martins (2009), as recapitulações são referências aos contextos ou episódios anteriores ao momento atual do discurso do professor ou do livro didático, ou seja, manter a continuidade da narrativa do ensino.

Seguem alguns exemplos de trechos de recapitulações presentes na Coleção A (PNLD 2018):

> a) Como comentamos, sequências de bases nitrogenadas no DNA contém informações codificadas que controlam praticamente todos os processos biológicos (Vol. 1, p. 120).
> b) Como mencionamos na apresentação do capítulo, ao estudar a meiose em gafanhotos, Walter Sutton observou que os cromossomos se segregavam da mesma maneira para os fatores mendelianos (Vol. 3, p. 43).

Esses exemplos apresentados estão localizados nos textos iniciais dos capítulos ou no início das seções, evidenciando a função das recapitulações em dar continuidade às explicações. As recapitulações frequentemente ultrapassam a função de apenas conectar assuntos, elas também podem incentivar leituras

intertextuais ou valorizar o conhecimento prévio do aluno (discutido anteriormente), conferindo ao texto um caráter dialógico (Nascimento & Martins, 2009),

Apesar de na Coleção A (PNLD 2018) ser perceptível um esforço maior para a dialogia, ambas as coleções apresentam uma linguagem adequada ao nível escolar dos alunos, preservando o uso de termos técnicos científicos essenciais para a compreensão dos conteúdos. A linguagem científica é uma importante ferramenta utilizada pelos cientistas na construção de textos no gênero científico. E, para ser letrado em ciências, é necessário entender essa linguagem técnica, ou seja, compreender como os cientistas organizam seus conhecimentos em textos (Martin, 1993).

A comunicação de conhecimentos científicos na escola constitui uma esfera de uso da língua diretamente ligada à prática social de ensinar ciências. A criação de um discurso específico neste contexto, mantém uma relação próxima com o discurso científico, mas não se limita a eles. A linguagem se apresenta como mediadora entre os saberes científicos e as experiências culturais dos estudantes, permitindo que o conhecimento se torne significativo em seu cotidiano. Sob essa ótica, o ensino de Ciências desvia da memorização de conteúdos ao ofertar espaços dialógicos em que os alunos possam problematizar, questionar e construir compreensões críticas. Assim, as formas discursivas que compõem o fazer pedagógico, de divulgação científica, do cotidiano e o próprio discurso científico coexistem nesse espaço, compondo o discurso científico escolar (Bakhtin, 2003; Mortimer & Scott, 2002).

Categoria: Organização do Conteúdo

As duas coleções foram comparadas quanto à organização dos conteúdos, considerando a progressão lógica e a distribuição dos tópicos ao longo dos anos escolares (Tabela 6).

Levando em consideração uma progressão lógica dos conteúdos com uma sequência gradual e sequencial, onde os tópicos são apresentados do mais básico ao mais complexo. Tanto a Coleção A (PNLD 2018) quanto a Coleção B (PNLD 2021) seguem uma estrutura semelhante: iniciando com a introdução ao estudo da célula, passando pela estrutura e função do material genético, reprodução e divisão celular, hereditariedade, genética mendeliana, e genética molecular e avançada.

Tabela 6

Organização do conteúdo de ambas as coleções de acordo com os critérios de progressão e distribuição dos conteúdos ao longo dos anos escolares

Coleção	Organização do conteúdo
Coleção A (PNLD 2018)	Sequência gradual / Distribuição de conteúdos de forma fragmentada
Coleção B (PNLD 2021)	Sequência gradual / Distribuição de conteúdos de forma fragmentada

Fonte: Elaborada pelas autoras (2024).

A Coleção B (PNLD 2021) reforça essa sequência gradual ao posicionar o conteúdo sobre síntese de proteínas após o estudo de hereditariedade e genética mendeliana. Em contraste, a Coleção A (PNLD 2018) incorpora o conteúdo de síntese de proteínas logo após a divisão celular, o que representa uma abordagem ligeiramente diferente na progressão dos tópicos. Esses resultados são corroborados pelo estudo de Leal et al. (2016), que investigaram como os temas de citologia, divisão celular e genética são apresentados nos livros de Biologia. Entre os achados, destaca-se a sequência gradual desses conteúdos, semelhante ao observado nas coleções analisadas.

Todavia, emerge um questionamento: será uma única sequência lógica de conteúdos a melhor forma de promover um processo de ensino-aprendizagem, ou poderiam outros caminhos ser igualmente considerados? Como abordado no referencial teórico deste trabalho, diversas pesquisas destacam as dificuldades no ensino de genética, e os LDs tendem a seguir uma estrutura gradual e generalizada na apresentação dos tópicos. Contudo, dependendo do objetivo educacional, do perfil dos alunos e da metodologia adotada pelo professor, não seria igualmente viável iniciar com uma visão geral ou um conceito mais abrangente, que depois se desdobre em componentes específicos? Essa abordagem, que parte do todo para as partes, poderia facilitar a compreensão dos elementos ao oferecer, desde o início, uma visão integrada do conteúdo.

Por exemplo, uma possibilidade seria introduzir o tema doenças genéticas, promovendo uma contextualização para os conceitos com notícias e relatos presentes no cotidiano. Essa abordagem permite que conceitos complexos, como hereditariedade, mutação e variabilidade genética, sejam apresentados de forma significativa, partindo de situações concretas que dialogam com a realidade dos estudantes. Notícias recentes sobre avanços da medicina, casos divulgados pela

mídia que desafiam o senso comum ou relatos vivenciados nas comunidades escolares de doenças com marcadores sociais e étnicos (doença falciforme, por exemplo), são disparadores para a discussão. E, possibilita aos alunos a oportunidade de relacionar os conteúdos da genética aos dilemas éticos, sociais e de saúde pública da engenharia e biotecnologia. Ao adotar esse caminho, o ensino de Ciências contribui não apenas para a compreensão conceitual, mas também para a formação crítica dos estudantes, capazes de refletir sobre os impactos da ciência em suas vidas e na sociedade.

Essa abordagem se alinha aos conteúdos estruturantes necessários para a compreensão do tema e pode se mostrar motivadora e relevante, ajudando os alunos a entenderem o propósito e a aplicação dos conceitos, o que, por sua vez, promove uma assimilação do conteúdo e o desenvolvimento de um senso crítico ao relacionar teoria e prática.

Sobre os tipos de conteúdo de genética presentes nos livros analisados, apesar das semelhanças encontradas entre as coleções, a Coleção B (PNLD 2021) apresentou uma diferença significativa ao omitir tópicos importantes para vestibulares e o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Conforme o estudo de Costa et al. (2024), que analisou questões de genética nas provas de Ciências da Natureza do ENEM entre 1998 e 2022, os temas cobrados incluíram genética molecular, leis mendelianas e divisão celular. Entre os tópicos relevantes, destaca-se a omissão, na Coleção B, sobre a classificação dos cromossomos com base na posição dos centrômeros, as subfases da prófase I da meiose, falhas na meiose I e alterações cromossômicas, além de exemplos clássicos de herança mendeliana, alelos letais, penetrância e expressividade gênica.

Embora a Coleção B (PNLD 2021) inclua atualizações recentes, sua abordagem é menos detalhada nesses temas em comparação à Coleção A (PNLD 2018), o que pode prejudicar a formação integral dos alunos e seu desempenho em exames importantes, principalmente os oriundos de escolas públicas e que não têm condições de frequentarem cursinhos preparatórios pós ensino médio.

Esse descompasso gera um hiato pedagógico que pode prejudicar o ensino de genética, conforme apontado por Leal et al. (2016) e já discutido na primeira parte dos resultados. A divisão dos conteúdos de Biologia por séries escolares dificulta o estabelecimento de relações entre os temas ao longo do percurso educacional, restringindo as oportunidades de revisitar e conectar conceitos previamente estudados. Em especial, a genética fica isolada no 3º ano, enquanto os temas citológicos são tratados no 1º ano, criando uma interrupção entre o estudo da

célula e o da hereditariedade, consolidando um ensino fragmentado (Leal et al. 2015).

A redução da carga horária de Biologia no 2º ano, limita a possibilidade de aprofundamento e revisitação de conceitos essenciais, prejudicando a progressão contínua do aprendizado ao longo dos três anos. Apesar das novas coleções de livros, alinhadas às reformas curriculares, não exijam necessariamente uma aplicação sequencial dos volumes, o professor ainda se vê refém de um currículo que compartimentaliza o ensino de genética, dificultando a integração entre áreas da Biologia, necessária para um aprendizado mais contextualizado e significativo.

Categoria Elementos Imagéticos

O uso de imagens nos livros de Biologia tem grande relevância, especialmente diante dos conteúdos abstratos que esse componente curricular apresenta, desempenhando um papel importante na construção do conhecimento (Badzinski & Hermel, 2015). Foram analisadas as coleções quanto aos elementos imagéticos: recursos visuais que auxiliam na comunicação de ideias e informações em um texto ou contexto visual, mas que carregam sentido e discursos próprios.

Esses elementos foram subcategorizados conforme o grau de iconografia: ilustração (fotografia, representação figurativa e representação esquemática) e diagrama (tabela e gráfico), adaptado do trabalho de Badzinski & Hermel (2015), conforme apresentado na tabela 7.

Tabela 07
Dados da análise dos elementos imagéticos obtida das coleções estudadas

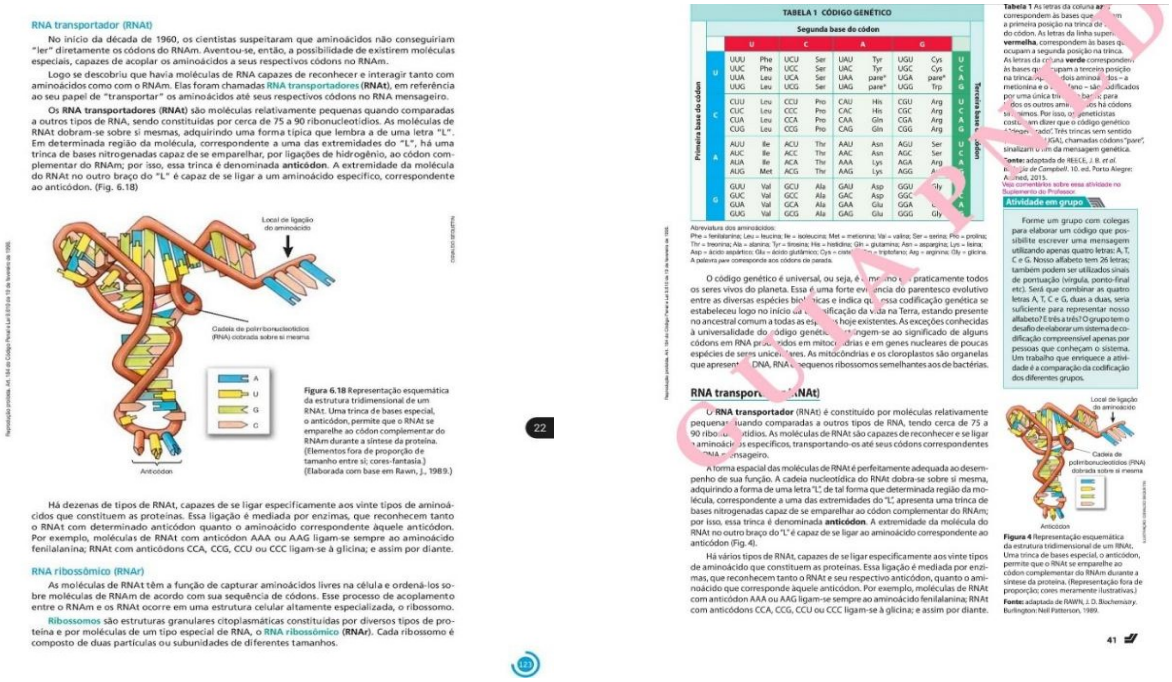
Coleção	Quantidade de elementos imagéticos	Categoria	Subcategorias		Quantidade
Coleção A (PNLD 2018)	136	Iconografias	Ilustrações	Fotografias	31
				Representações figurativas	08
				Representações esquemáticas	79
			Diagramas	Tabelas	15
				Gráficos	03
Coleção B (PNLD 2021)	72	Iconografias	Ilustrações	Fotografias	15
				Representações figurativas	06
				Representações esquemáticas	45
			Diagramas	Tabelas	5
				Gráficos	1

Fonte: Adaptado de Badzinski e Hermel (2015)

A Coleção A (PNLD 2018) destaca-se pelo projeto gráfico em termos quantitativos. Conforme a tabela apresentada anteriormente, essa coleção possui 136 elementos imagéticos nos volumes analisados, enquanto a Coleção B (PNLD 2021) apresenta apenas 72, o que representa uma redução de quase 50%. Essa diferença pode ser atribuída à fragmentação ocorrida na adaptação da Coleção B (PNLD 2021). Embora ambas as coleções utilizem, de maneira geral, os mesmos tipos de elementos, a Coleção B (PNLD 2021) apresenta uma redução no tamanho de algumas imagens, o que pode comprometer o conforto visual e a clareza para o leitor, como ilustrado nas figuras 1 e 2. Além disso, há uma concentração excessiva de informações visuais próximas umas das outras.

Figura 1

Do lado esquerdo: Representação esquemática da estrutura tridimensional de um RNAt na Coleção A, PNLD (2018). Do lado direito: Representação esquemática da estrutura tridimensional de um RNAt na Coleção (PNLD 2021)



RNA transportador (RNAt)

No início da década de 1960, os cientistas suspeitaram que aminoácidos não conseguiriam "ler" diretamente os códons do RNAm. Aventou-se, então, a possibilidade de existirem moléculas especiais, capazes de acoplar os aminoácidos a seus respectivos códons no RNAm.

Logo se descobriu que havia moléculas de RNA capazes de reconhecer e interagir tanto com aminoácidos como com o RNAm. Elas foram chamadas **RNA transportadores (RNAt)**, em referência ao seu papel de "transportar" os aminoácidos até seus respectivos códons no RNA mensageiro.

Os **RNA transportadores (RNAt)** são moléculas relativamente pequenas quando comparadas a outros tipos de RNA, sendo constituídas por cerca de 75 a 90 ribonucleotídios. As moléculas de RNAt dobram-se sobre si mesmas, adquirindo uma forma típica que lembra a de uma letra "L". Em determinada região da molécula, correspondente a uma das extremidades do "L", há uma trinca de bases nitrogenadas capaz de se emparelhar, por ligações de hidrogênio, ao códon complementar do RNAm; por isso, essa trinca é denominada **anticódon**. A extremidade da molécula do RNAt no outro braço do "L" é capaz de se ligar a um aminoácido específico, correspondente ao anticódon. (Fig. 6.18)

Local de ligação do aminoácido

Cadeia de polirribonucleotídios (RNA) dobrada sobre si mesma

Anticódon

Figura 6.18 Representação esquemática da estrutura tridimensional de um RNAt. Uma trinca de bases especial, o anticódon, permite que o RNAt se emparelhe ao códon complementar do RNAm durante a síntese da proteína. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.) (Elaborada com base em Raven, J., 1989.)

Há dezenas de tipos de RNAt, capazes de se ligar especificamente aos vinte tipos de aminoácidos que constituem as proteínas. Essa ligação é mediada por enzimas, que reconhecem tanto o RNAt com determinado anticódon quanto o aminoácido correspondente àquele anticódon. Por exemplo, moléculas de RNAt com anticódon AAA ou AAG ligam-se sempre ao aminoácido fenilalanina; RNAt com anticódons CCA, CCG, CCU ou CCC ligam-se à glicina; e assim por diante.

RNA ribossômico (RNAr)

As moléculas de RNAt têm a função de capturar aminoácidos livres na célula e ordená-los sobre moléculas de RNAm de acordo com sua sequência de códons. Esse processo de acoplamento entre o RNAm e os RNAt ocorre em uma estrutura celular altamente especializada, o ribossomo.

Ribossomos são estruturas granulares citoplasmáticas constituídas por diversos tipos de proteína e por moléculas de um tipo especial de RNA, o **RNA ribossômico (RNAr)**. Cada ribossomo é composto de duas partículas ou subunidades de diferentes tamanhos.

22

TABELA 1 CÓDIGO GENÉTICO

Segunda base do códon

Primeira base do códon	U	C	A	G	Terceira base do códon
U	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys	U
	UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys	C
	UUA Leu	UCA Ser	UAA para*	UGA para*	A
	UUG Leu	UCG Ser	UAG para*	UGG Trp	G
C	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg	U
	CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg	C
	CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg	A
	CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg	G
A	AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser	U
	AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser	C
	AUA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg	A
	AUG Met	ACG Thr	AAG Lys	AGG Arg	G
G	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly	U
	GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGC Gly	C
	GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly	A
	GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly	G

Abreviaturas dos aminoácidos:
Phe = fenilalanina; Leu = leucina; Ile = isoleucina; Met = metionina; Val = valina; Ser = serina; Pro = prolina; Thr = treonina; Ala = alanina; Tyr = tirosina; His = histidina; Gln = glutamina; Asn = asparagina; Lys = lisina; Asp = ácido aspártico; Glu = ácido glutâmico; Cys = cisteína; Trp = triptofano; Arg = arginina; Gly = glicina.
A palavra *para* corresponde aos códons de parada.

O código genético é universal, ou seja, é praticamente o mesmo em todos os seres vivos do planeta. Essa é uma forte evidência do parentesco evolutivo entre as diversas espécies biológicas e indica que essa codificação genética se estabeleceu logo no início da codificação da vida na Terra, estando presente no ancestral comum a todas as espécies hoje existentes. As exceções conhecidas à universalidade do código genético dizem respeito ao significado de alguns códons em RNA produzidos em mitocôndrias e em genes nucleares de poucas espécies de seres unicelulares. As mitocôndrias e os cloroplastos são organelas que apresentam DNA, RNA e pequenos ribossomos semelhantes aos de bactérias.

RNA transportador (RNAt)

O **RNA transportador** (RNAt) é constituído por moléculas relativamente pequenas, quando comparadas a outros tipos de RNA, tendo cerca de 75 a 90 ribonucleotídios. As moléculas de RNAt são capazes de reconhecer e se ligar a aminoácidos específicos, transportando-os até seus códons correspondentes no RNA mensageiro.

A forma espacial das moléculas de RNAt é perfeitamente adequada ao desempenho de sua função. A cadeia nucleotídica do RNAt dobra-se sobre si mesma, adquirindo a forma de uma letra "L" de tal forma que determinada região da molécula, correspondente a uma das extremidades do "L", apresenta uma trinca de bases nitrogenadas capaz de se emparelhar ao códon complementar do RNAm; por isso, essa trinca é denominada **anticódon**. A extremidade da molécula do RNAt no outro braço do "L" é capaz de se ligar ao aminoácido correspondente ao anticódon (Fig. 4).

Há vários tipos de RNAt, capazes de se ligar especificamente aos vinte tipos de aminoácido que constituem as proteínas. Essa ligação é mediada por enzimas, que reconhecem tanto o RNAt e seu respectivo anticódon, quanto o aminoácido que corresponde àquele anticódon. Por exemplo, moléculas de RNAt com anticódon AAA ou AAG ligam-se sempre ao aminoácido fenilalanina; RNAt com anticódons CCA, CCG, CCU ou CCC ligam-se à glicina; e assim por diante.

Tabela 1 As letras da coluna ao [illegible] correspondem às bases que [illegible] em a primeira posição na trinca do códon. As letras da linha superior, **vermelha**, correspondem às bases que ocupam a segunda posição na trinca. As letras da coluna **verde** correspondem às bases que ocupam a terceira posição na trinca. Os símbolos aminoácidos – a metionina e o [illegible]no – são codificados por uma única trinca [illegible] para dois ou outros aminoácidos há códons sinônimos. Por isso, os geneticistas costumam dizer que o código genético é "degenerado". Três trincas sem sentido (UAA, UAG, UGA), chamadas códons "para", sinalizam o fim da mensagem genética.
Fonte: adaptada de REECE, J. B. *et al.* Campbell: 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.
Veja comentários sobre essa atividade no Suplemento do Professor.

Atividade em grupo

Forme um grupo com colegas para elaborar um código que possibilite escrever uma mensagem utilizando apenas quatro letras: A, T, C e G. Nosso alfabeto tem 26 letras; também podem ser utilizados sinais de pontuação (vírgula, ponto-final etc). Será que combinar as quatro letras A, T, C e G, duas a duas, seria suficiente para representar nosso alfabeto? E três a três? O grupo tem o desafio de elaborar um sistema de codificação compreensível apenas por pessoas que conheçam o sistema. Um trabalho que enriquece a atividade é a comparação da codificação dos diferentes grupos.

Figura 4 Representação esquemática da estrutura tridimensional de um RNAt. Uma trinca de bases especial, o anticódon, permite que o RNAt se emparelhe ao códon complementar do RNAm durante a síntese da proteína. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)
Fonte: adaptada de RAVEN, J. D. Biochemistry. Burlington: Neil Patterson, 1989.

41

Nota. [Descrição da imagem] A figura 1 apresenta duas páginas de livros. Do lado esquerdo, temos a página do livro de Biologia, indicado pelo PNLD (2018). Nela é possível encontrar uma representação da molécula RNA transportadora, colorida artificialmente, entre 5 parágrafos de texto explicativo. Já do lado direito, na página do livro de Biologia do PNLD 2021 a representação da molécula RNA transportador é bem menor, ocupando um pequeno espaço na página do livro. [Fim da descrição]

Observa-se que em ambas as coleções as representações esquemáticas constituem o tipo mais comum de elementos imagéticos. Esse tipo de representação não se limita a imagens puras, mas combina outros recursos iconográficos, como fotografias e desenhos. As representações esquemáticas ajudam a relacionar objetos familiares aos alunos com conceitos abstratos, empregando setas, caracteres e sinais (Badzinski & Hermel, 2015). Esse tipo de representação exige do receptor raciocínio elaborado para interpretação, e não apenas observação.

Entretanto, apesar de sua importância, é necessário considerar as limitações dessas representações, pois elas simplificam estruturas complexas. Por exemplo, a simplificação do ribossomo pode induzir os alunos a visualizarem-no como uma estrutura uniforme e pouco complexa.

Ademais, é essencial que as legendas esclareçam aspectos como proporções e o uso de cores-fantasia, para que os alunos entendam que as representações não correspondem totalmente à realidade, mas são recursos destinados a facilitar o entendimento de conceitos e processos abstratos. No caso de fotomicrografias, a ampliação utilizada é fundamental, como demonstrado na figura 3.

Figura 3

Fotomicrografia de cromossomos e representação esquemática dos tipos de cromossomos disponível em um volume na Coleção A (2018)

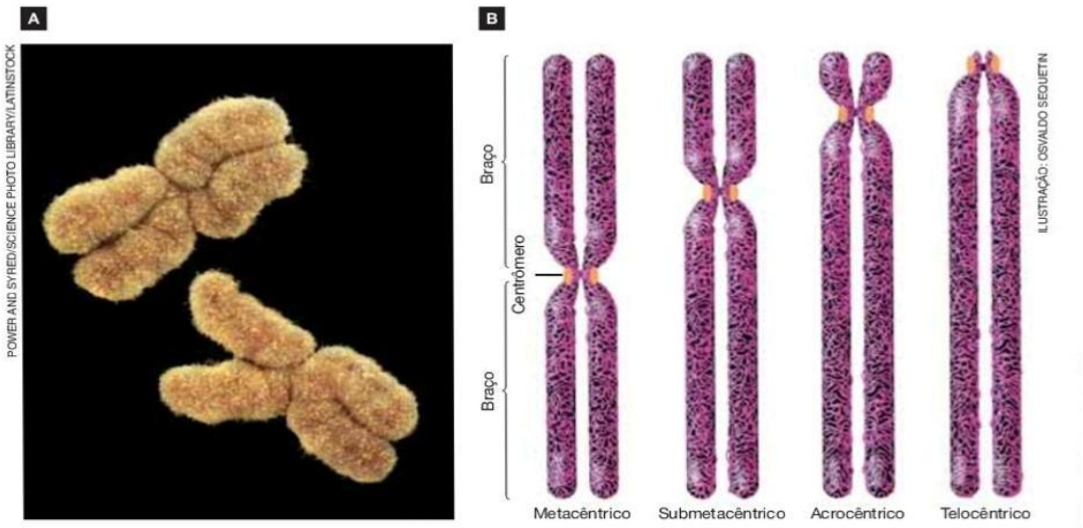


Figura 6.4 A. Fotomicrografia de cromossomos humanos condensados. (Microscópio eletrônico de varredura; aumento ≈ 4.500×; cores artificiais.) **B**. Tipos de cromossomo de acordo com a posição do centrômero. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

Nota. [Descrição da imagem]. Há duas imagens nesta representação. Do lado esquerdo, há dois cromossomos, duplicados, cada um com duas cromátides. Há, portanto, um par de cromossomos, e quatro cromátides. Estão coloridos, artificialmente, na cor amarelo ouro, sobre um fundo preto, quadriculado. Do lado direito, temos a representação de quatro tipos de cromossomos. Cada um dos tipos de cromossomos tem duas cromátides. Estão coloridos artificialmente na cor rosa,

com o centrômero na cor laranja, sobre um fundo branco. Em cada um dos cromossomos, os centrômeros estão posicionados em locais diferentes, o que confere a cada um dos cromossomos presentes na imagem, uma classificação [Fim da descrição]

Ambas as coleções informam que as representações esquemáticas e figurativas não estão em proporção e utilizam cores-fantasia. Porém, algumas representações na Coleção A (PNLD 2018) falham em fornecer explicações nas fontes, enquanto a Coleção B (PNLD 2021) apresenta melhorias nesse aspecto, como mostrado nas figuras 4 e 5.

Figura 4

Representação esquemática da duplicação do DNA presente na Coleção A (PNLD 2018).

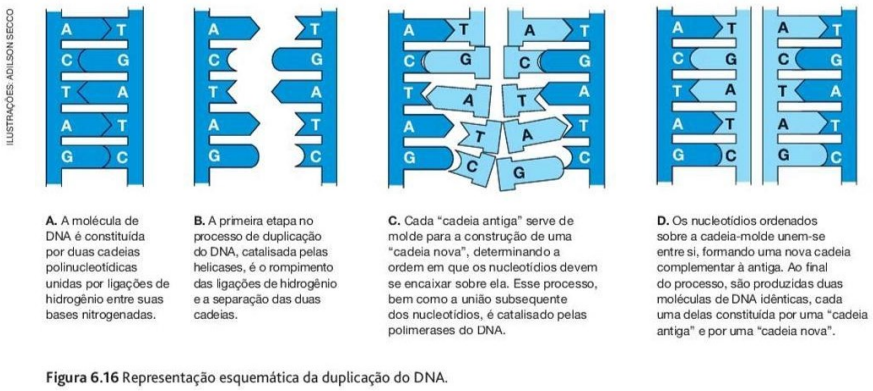


Figura 6.16 Representação esquemática da duplicação do DNA.

Fonte: Amabis e Martho (2016).

Nota. [Descrição da imagem] Representação do processo de duplicação da molécula do ácido desoxirribonucleico ou DNA. Nesta representação, há trechos da molécula de DNA, com suas duas fitas, na direção vertical. Há quatro trechos da molécula de DNA, com o processo de duplicação sendo iniciado da esquerda para a direita. Nos dois primeiros trechos, as duas fitas estão coloridas em azul escuro, enquanto no quarto e quinto trechos, as fitas já se separaram e as novas fitas complementares estão sendo produzidas e representadas na cor azul claro, indicando que a duplicação do DNA é um processo semiconservativo, já que nos trechos duplicados haverá sempre uma fita da molécula original e uma nova fita complementar. Ao final do processo de duplicação, o trecho do DNA duplicado, assim como o trecho original apresentará duas fitas. [Fim da descrição].

Figura 5

Representação esquemática da duplicação do DNA presente na Coleção B (PNLD 2021)

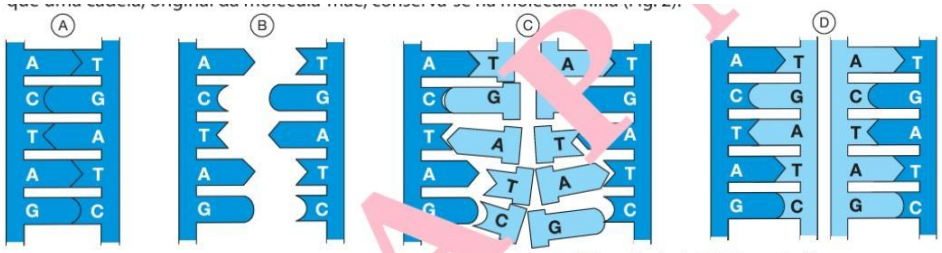


Figura 2 Representação esquemática da duplicação semiconservativa do DNA. (A) A molécula de DNA é constituída por duas cadeias polinucleotídicas unidas por ligações de hidrogênio entre bases nitrogenadas complementares. (B) A primeira etapa do processo de duplicação do DNA é o rompimento das ligações de hidrogênio e a separação das duas cadeias. (C) Cada cadeia antiga serve de molde para a síntese de uma cadeia nova, determinando a ordem em que os nucleotídios livres devem se encaixar. (D) Os nucleotídios ordenados sobre a cadeia-molde unem-se entre si por meio de ligações covalentes, formando uma cadeia complementar à antiga. (Representação fora de proporção; cores meramente ilustrativas.)

Fonte: adaptada de REECE, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Nota. [Descrição da imagem] Assim como na figura quatro, esta imagem também representa o processo de duplicação de trechos do DNA, coloridos nas cores azul escuro e azul claro. O destaque para esta imagem é para o fato dela estar presente no livro de Biologia, indicado no PNLD (2021), porém neste livro, diferentemente do que ocorreu no livro de Biologia, no PNLD (2018), a legenda explica de forma mais aprofundada o processo de duplicação, facilitando para o leitor o entendimento do processo [Fim da descrição].

A diversidade de imagens é uma ferramenta importante para auxiliar na interpretação e no aprendizado, dos diversos conteúdos. Os alunos precisam desenvolver a habilidade de analisar e interpretar gráficos, pois esses recursos estão presentes em diversos contextos do cotidiano. A presença de gráficos nos livros didáticos contribui para familiarizar os alunos com esses tipos de representação de dados, permitindo que repliquem o conhecimento adquirido em sala de aula de forma autônoma (Badzinski & Hermel, 2015). É tão importante quanto a leitura de mapas, o entendimento da linguagem de símbolos matemáticos ou químicos (Jungkenn & Del Pino, 2009)

Nas coleções analisadas foi observada uma quantidade reduzida de tabelas e gráficos em ambas as coleções. Embora essas tabelas estejam disponíveis no "Suplemento do Professor", que será discutido em categoria seguinte, é importante que esses recursos visuais estejam acessíveis aos alunos.

Categoria Práticas Sugeridas e Exercícios Propostos

Ao analisar as práticas e exercícios propostos nos livros didáticos, percebe-se uma discrepância entre as duas coleções avaliadas (Tabela 8). A análise considerou a quantidade de práticas sugeridas, como atividades em laboratório, construção de modelos didáticos, uso de simuladores e pesquisas, além das questões voltadas para a fixação de conteúdo, o desenvolvimento do pensamento crítico e a presença

de questões preparatórias para vestibulares e ENEM, tanto objetivas quanto discursivas.

Tabela 8
Diferença no quantitativo de práticas sugeridas e exercícios propostos em cada coleção

Coleção	Práticas sugeridas	Questões de fixação de conteúdo	Questões de exercitar o pensamento	Questões de vestibulares e ENEM
Coleção A (PNLD 2018)	8	80	25	62
Coleção B (PNLD 2021)	12	14	28	22

Fonte: Elaborada pelas autoras (2024).

Os dados mostram que a Coleção A (PNLD 2018) se destaca pelo quantitativo total de práticas e exercícios propostos ao longo dos seis capítulos analisados. As questões de fixação de conteúdo apresentam um quantitativo aproximadamente seis vezes maior em comparação com a Coleção B (PNLD 2021), corroborando o trabalho de Hartmann e Hermel (2021), que destacam que essas atividades de cunho reprodutivista são recorrentes, sendo encontradas ao final de cada capítulo. Este tipo de atividade condicionam o aluno a uma ação mecânica de busca das respostas nas páginas anteriores do capítulo, muitas vezes destacadas em negrito, no lugar de incentivá-lo a refletir sobre um problema (Kupske et al. 2012).

Além disso, é evidente que a Coleção A (PNLD 2018) prioriza questões de vestibulares e ENEM, apresentando um quantitativo quase três vezes maior do que a Coleção B (PNLD 2021). Observa-se, no entanto, que a maioria dessas questões é de vestibulares, com poucas questões específicas do ENEM, conforme também apontado na pesquisa realizada em livros didáticos de Biologia por Hartmann e Hermel (2021).

Por outro lado, a Coleção B (PNLD 2021) foca em questões que estimulam a reflexão crítica, alinhadas aos objetivos das reformas curriculares, com um leve aumento nas atividades voltadas ao desenvolvimento do pensamento crítico e uma clara redução de questões de fixação de conteúdo e de questões de vestibulares e ENEM. De acordo com Vasconcelos e Souto (2003, p. 101),

> [...] livros didáticos precisam, sem dúvida, conter ferramentas que incitem a discussão sobre o conteúdo teórico a fim de permitir sua conversão em conhecimento. Estamos falando em produção de conhecimento útil, aplicável e presente no cotidiano do aluno.

Contudo, a Coleção B (PNLD 2021) não indica experimentos práticos, como na Coleção A (PNLD 2018). Em vez disso, suas práticas estão baseadas em diversas sugestões de pesquisas *online*, incentivando discussões fundamentadas nessas investigações, que também estão presentes na Coleção A (PNLD 2018), porém em menor número. Esse tipo de prática é relevante, pois estimula o aluno a buscar novos conhecimentos de forma diferente, uma vez que são sugeridos locais para a realização das pesquisas (Kupske et al. 2012), além de desenvolver o pensamento crítico a partir dessas investigações, a elaboração de textos e fomentar o trabalho em equipe.

Categoria Orientações para Professores

Neste tópico, foram analisadas as orientações presentes tanto nos capítulos dos Livros dos Estudantes (LE) quanto nos suplementos dos manuais para os professores (Tabela 9). No LD, o manual do professor é interpretado como a materialização das orientações para o ensino e a aprendizagem, organizando os conteúdos de forma padronizada, o que muitas vezes é percebido como a única maneira de abordagem (Moreira & Martins, 2015).

Tabela 9

Nível de presença de orientações para professores em cada coleção.

Coleção	Orientações para professores
Coleção A (PNLD 2018)	Sim/Sucinto
Coleção B (PNLD 2021)	Sim/Detalhado

Fonte: Elaborada pelas autoras (2024).

Ambas as coleções incluem orientações, ao longo dos capítulos, que incentivam o professor a estimular o uso da imaginação e visualização para auxiliar os alunos a compreenderem conceitos complexos. Essas orientações sugerem estratégias didáticas que tornam acessíveis fenômenos difíceis de visualizar diretamente e promovem a interdisciplinaridade ao propor atividades que envolvem outras áreas do conhecimento. No entanto, a principal diferença entre as coleções reside no nível de detalhamento dos materiais de apoio aos professores.

O manual para o Professor da Coleção A (PNLD 2018) apresenta brevemente a proposta teórico-metodológica da obra, destacando a importância de formar estudantes com uma visão científica do mundo e com capacidade crítica para o

exercício da cidadania. O material oferece algumas sugestões didáticas e estratégias complementares para os conteúdos abordados no LE, mas de forma resumida.

Além disso, o suplemento traz referências bibliográficas para o aprofundamento dos conhecimentos biológicos, embora sem grande detalhamento. A organização do material inclui uma parte comum a todos os volumes, com seções como "A Biologia no Ensino Médio", "Características da Obra" e "Referências Bibliográficas", além de uma parte específica para cada volume com sugestões temáticas e atividades complementares.

Em contraste, o manual da Coleção B (PNLD 2021) é dividido em duas partes: a primeira traz orientações teórico-metodológicas aprofundadas, alinhadas à BNCC, além de orientações sobre o planejamento de aulas e referências bibliográficas. A segunda parte reproduz o conteúdo do LE, destacando os principais elementos teóricos, justificativas e objetivos. O manual da Coleção B (PNLD 2021) também oferece instruções detalhadas sobre como os professores devem conduzir atividades e preparar os alunos, além de apresentar sugestões de exercícios práticos. Seções como "Dialogando com o Texto" e "Em Destaque" buscam enriquecer a interação entre o estudante, o conteúdo e as atividades, por intermédio do professor.

Isto sugere que o professor da educação básica ainda é visto como executor do currículo, e por isso se considera que o manual apresente as informações de modo detalhista (Leal et al. 2016).

Diante disso, é importante avaliar se as orientações fornecidas ao professor, na Coleção B (PNLD 2021), conseguem suprir as limitações presentes no material voltado para os alunos, especialmente à luz das mudanças curriculares recentes e verificadas neste trabalho.

Categoria Desenvolvimento de Competências e Habilidades de Acordo com a BNCC na Coleção B (PNLD 2021)

Segundo a BNCC (Brasil, 2018), um conjunto de dez competências deve mobilizar conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores, para que os estudantes sejam capazes de resolver problemas complexos da vida cotidiana, exercer a cidadania de forma plena e atuar no mundo do trabalho.

No componente de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a BNCC estabelece que os estudantes devem ampliar as habilidades investigativas adquiridas no Ensino Fundamental, por meio de análises quantitativas, avaliações e comparações de modelos explicativos. Além disso, espera-se que eles aprendam a formular argumentações sólidas para comunicar conhecimentos e propostas de intervenção, com base em evidências científicas e princípios éticos, para diferentes públicos e contextos, utilizando mídias variadas e tecnologias digitais.

Durante a análise da Coleção B (PNLD 2021), foram examinados tanto os conteúdos dos Livros do Estudante (LEs) quanto os manuais do professor. Observou-se que, quando os capítulos dos LEs são utilizados de forma isolada, sem seguir as orientações dos manuais, o material carece de apoio pedagógico para abordar plenamente as competências e habilidades propostas pela BNCC. Além disso, o conteúdo mobiliza competências que vão além das Ciências da Natureza, integrando conhecimentos de Matemática e Linguagens.

A análise evidencia como a falta de orientação didática-pedagógica nos LEs, quando utilizados sem os manuais do professor, compromete o desenvolvimento das competências e habilidades da BNCC. Esse cenário destaca a importância da metacognição: a capacidade do aluno refletir sobre seu próprio processo de aprendizagem. A proposta de “guiar a reflexão sobre o próprio processo de aprendizagem”, conforme sugerido por Zabala e Arnau (2020), aplicada ao contexto do LD, sugere que o material deveria incentivar o aluno a pensar sobre o que aprendeu, compreendendo seu progresso e reconhecendo suas dificuldades.

No entanto, sem o suporte dos manuais, os LEs apresentam uma abordagem fragmentada, com baixa contextualização, uso de linguagem técnica e número reduzido de exercícios, aproximando o material de uma abordagem tradicional e menos integrada, conforme indicado pelo guia do PNLD (2021) e nos resultados deste trabalho. Essa estrutura limita o engajamento ativo do aluno, que passa a depender fortemente da mediação do professor para alcançar uma compreensão mais completa dos conteúdos.

Essa dependência revela uma contradição: enquanto a BNCC tem como uma de suas plataformas o desenvolvimento da autonomia e do protagonismo do aluno, os livros didáticos pós sua implementação exige intensa mediação do professor para que essas competências sejam plenamente desenvolvidas. Como Willingham (2011) observa, embora os seres humanos sejam naturalmente curiosos, não estão inclinados à reflexão sem as condições cognitivas adequadas. No caso dos LEs, essas condições não estão plenamente disponíveis, o que pode levar os estudantes

a uma postura passiva, dificultando a autorreflexão necessária para a consolidação do aprendizado.

Portanto, para que o protagonismo e a autonomia realmente se concretizem, o material didático deveria incluir mais recursos que incentivem a metacognição, promovendo um aprendizado mais independente e crítico. Esse tipo de abordagem, além de proporcionar as condições cognitivas ideais para uma reflexão eficaz, estaria mais alinhado aos princípios de autonomia, permitindo que o aluno não só adquira conhecimento, mas também construa uma compreensão mais profunda e duradoura do próprio processo de aprendizagem

Considerações Finais

Essa pesquisa permitiu identificar, analisar e comparar os impactos das mudanças nos livros didáticos do PNLD 2018 e 2021 em relação ao ensino de Genética no componente curricular Biologia. Entretanto, o desafio imperativo para os autores consiste em atender a uma série de novas exigências teóricas e metodológicas que, no caso do novo PNLD, não é possível dar conta tendo em vista a redução quantitativa de páginas e a integração da Biologia à uma área do conhecimento.

No primeiro momento, tal integração às Ciências da Natureza é um avanço desde que oportunizassem aos professores uma formação interdisciplinar, contextualizada e orientada por competências e habilidades, tal qual normatizado na BNCC.

Todavia, há um desencontro entre a formação na educação básica, a vivência e formação dos professores e as condições para que as práticas pedagógicas de fato atendam às normativas da base, com mudanças estruturais no principal instrumento institucionalizado: o livro didático.

Assim, esta pesquisa abre caminhos para investigações futuras para o ensino de genética e outras temáticas, com um olhar de inquietação sobre políticas públicas e os impactos nos livros e outros recursos.

Referências

Amabis, J.M., & Martho, G.R. (2018). *Biologia Moderna*: Amabis &Martho. Moderna.

Amabis, J. M., Martho, G. R. Ferraro, N. G. Penteado, P. C. M. Torres, C. M. A. Canto, J. S. E. L & Leite, L. C.C. (2021). *Moderna Plus: ciências da natureza e suas tecnologias.* Moderna.

Araújo, A. B., & Gusmão, F. A. F. (2017). As principais dificuldades encontradas no ensino de genética na educação básica brasileira. In: *Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional*, 10., 2017, Aracaju-SE. Anais... [S.l.: s.n.], p. 83-95, 2017. https://www.academia.edu/36609390/AS_PRINCIPAIS_DIFICULDADES_ENCONTRADAS_NO_ENSINO_DE_GEN%C3%89TICA_NA_EDUCA%C3%87%C3%83O_B%C3%81SICA_BRASILEIRA.

Badzinski, C., & Hermel, E. E. S. (2015). A representação da genética e da evolução através de imagens utilizadas em livros didáticos de biologia. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências,* 17, (2), 434-454.

Bakhtin, M. (2003). Os gêneros do discurso. In: Bakthin, M. (2003) Estética da criação verbal (p. 261–306). Martins Fontes.

Carvalho, I. N. de (2016). *Uma proposta de critérios para selecionar conteúdos conceituais para o ensino médio de biologia*. [Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Bahia]. https://repositorio.ufba.br/handle/ri/20838.

Costa, K. A., Souza, R. A., Nascimento, A.G., & Rodrigues, F.M. (2024). Análise do conteúdo de genética presente no ENEM no período de 1998 a 2022. *Revista Multidisciplinar em Educação e Meio Ambiente,* 5 (1). https://doi.org/10.51161/rema/4188.

Dantas, K. D., & Sousa, I. A. de. (2017). O ensino de biologia e os desafios da prática pedagógica na contemporaneidade. Anais IV CONEDU... Realize Editora.https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/37654.

Del Rio, L. L. (2023). *A abordagem do conteúdo de genética: uma análise de livros didáticos aprovados pelo PNLD 2021*. [Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de São Carlos]. https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/18902.

Fonseca, J. J. S. (2002). *Metodologia da pesquisa científica*. Universidade do Estado do Ceará, UEC. Apostila.

Florentino, T. P., & Fernandes, M. B. S. (2015). A contextualização no ensino de Biologia do 1° ano do Ensino Médio: um estudo de caso. In: IV Colóquio Internacional Educação, Cidadania e Exclusão: Didática e Avaliação. Anais [...]. Rio de Janeiro, https://editorarealize.com.br/editora/anais/ceduce/2015/TRABALHO_EV047_MD1_SA3_ID 969_25052015101725.pdf.

Ferraz, D., & Terrazzan, E. (2003). Uso Espontâneo de Analogias por Professores de Biologia e o Uso Sistematizado de Analogias: Que Relação? *Ciência & Educação*, 9 (2), 213-227 https://www.scielo.br/j/ciedu/a/Mr5yrBhY573J5NJszGVswXq/?format=pdf&lang=pt

Freire, P. (2011). *Educação e Mudança.* Ver e Atual. Paz e Terra.

Gagliardi, R. (1986). Los Conceptos Estructurales em elAprendizajepoInvestigación. *Enseñanza de lasCiencias,*4 (1), p. 30-35. https://ensciencias.uab.cat/article/view/v4-n1-gagliardi.

Gil, A. C. (2007). *Como elaborar projetos de pesquisa.* Atlas.

Grimes, C., & Rausch, R. B. & Santos, B. (2016). Desafios da atuação docente no ensino médio na contemporaneidade: reflexões a partir dos dizeres de um professor de Biologia. *Revista Profissão Docente,* 16 (34). https://revistas.uniube.br/index.php/rpd/article/view/930.

Hartmann, A. C., & Hermel, E. E. S. (2021). As práticas pedagógicas nos livros didáticos de ciências e de biologia recomendados pelo PNLD 2017 e pelo PNLEM 2018. *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, 22 (3),412-421.https://doi.org/10.17921/2447-8733.2021v22n3p412421.

Hoffmann, M. B., & Scheid, N. M. J. (2007). Analogias como ferramenta didática no ensino de Biologia. *Revista Ensaio*, 9 (1), 21-37. https://www.scielo.br/j/epec/a/QdXTM75M7LV9KrPnqK7WyPz/?lang=pt&format=pdf.

Kato, D. S., & Kawasaki, C. S. (2011). As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. *Ciência & Educação,* 17, 35-50. https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000100003.

Kupske, C., Bulling, N. F., & Gullich, R. I. (2012). As atividades pedagógicas de biologia celular e histologia no contexto do livro didático de Ciências. In: ANPED SUL, 9., Caxias do Sul, 2012. Anais ... Caxias do Sul, 2012. http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/1763/288.

Leal, C. A., Rôças, G., & Barbosa, J. V. (2016). A genética e seus conteúdos estruturantes na investigação de livros do PNLD 2015. *Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica*, 6 (3) p. 66-91, https://ojs.ifes.edu.br/index.php/dect/article/view/170.

Leal, C. A., Rôças, G., & Barbosa, J. V. (2015). A genética na educação básica. In: X ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa Em Educação Em Ciências. Anais [...]. Águas de Lindóia: ENPEC. https://www.abrapec.com/enpec/x-enpec/anais2015/listaresumos.htm.

Lopes, S. M. C. (2013). Ensino de Genética no Ensino Médio: desafios e novas perspectivas para qualidade da aprendizagem. *Research, Society and Development,* 12(1). http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i1.39422.

Moreira, M. C. A., & Martins, I. (2015). A recontextualização de discursos da pesquisa em educação em ciências em livros didáticos de ciências: um estudo de caso. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 15 (2), 237-257. https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4312/2877.

Mortimer, E. F., & Scott, P. H. (2002). Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (3), 283-306. https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/562.

Nascimento, T. G., & Martins, I. (2009). Elementos composicionais do texto sobre genética no livro didático de ciências. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 2 (1), 3-25. https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37906.

Nicoletti, E. R. (2017). A interdisciplinaridade em diferentes contextos educacionais: contribuições para o ensino de Biologia. [Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Maria]. https://repositorio.ufsm.br/handle/1/13393.

Occelli, M., & Valeiras, B. N. (2013). Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: uma revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias,* 31 (2), 133-152. https://ensciencias.uab.cat/article/view/v31-n2-occelli-valeiras.

Paiva, A. L. B., & Martins, C. M. de C. (2005). Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética.*Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte),* 07 (03), 182-201. https://doi.org/10.1590/1983-21172005070303

Pernambuco, Secretaria de Educação e Esportes. (2021). Currículo de Pernambuco: ensino médio. Secretaria de Educação e Esportes, União dos Dirigentes Municipais de Educação.

Piccinini, C. L., & Andrade, M. C. P. (2018). O ensino de Ciências da Natureza nas versões da Base Nacional Comum Curricular, mudanças, disputas e ofensiva liberal-conservadora. *Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio,* 11 (2), 34-50. https://doi.org/10.46667/renbio.v11i2.124.

Ricardo, E. C. (2005). *Competências, interdisciplinaridade e contextualização: dos Parâmetros Curriculares Nacionais a uma compreensão para o ensino das Ciências*. [Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina]. https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/102668/222646.pdf?sequence=1&isAl

Rocha, A. C., Santos, A. F. S., Andrades, E. O., Tavares, G., Santos, R. C., & Santos, T. S. (2023). Antes e depois do novo ensino médio: uma análise comparativa do conteúdo de citologia em livros didáticos. Anais IX CONEDU.Realize Editora. https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/97909.

Rosa, M. D. A., dos Santos, J. V. A., Diedrich, R., & Rodrigues, L. Z. (2022). Análise de livros didáticos de ciências do PNLD 2020: impactos da BNCC?. *Sobre Tudo*, *13*(2), 111-147.

Santos, F. D. dos., & Silva, A. F. G. S., & Franco, F. F. (2015). 110 anos após a hipótese de Sutton-Boveri: a teoria cromossômica da herança é compreendida pelos estudantes brasileiros? *Ciência & Educação* 21 (4),977-989. https://doi.org/10.1590/1516-731320150040012

Selles, S. L. E., & Oliveira, A. C. P. de. (2022). Ameaças à Disciplina Escolar Biologia no “Novo” Ensino Médio (NEM): atravessamentos entre BNCC e BNF-Formação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências,* e40802 (22), 1-34. https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2022u13531386.

Serafim, P. R. de M., Pereira, G.V.N., Lacerda, G.A. Saud, E. M.H., & Costa, F. M. (2024). Genética: análise da abordagem dos seus conceitos e conteúdos em livros didáticos preconizados pelo PNLD – Programa Nacional do Livro e do Material Didático. *Contribuciones LasCiencias Sociales,* 17 (4), p. e6195. DOI:10.55905/revconv.17n.4-056.

Silva, L. L. M. M. (2019). *A evolução biológica no ensino de ciências: uma análise de Livros didáticos antes e após a aprovação da Base nacional comum curricular.* [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de São Carlos]. https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/13168.

Siqueira, M. L. G.& Altino Filho, H. V. & Dutra, É. D. R. (2021). Ensino da genética: uma proposta de abordagem ao ensino médio. Anais do Seminário Científico do UNIFACIG. https://www.pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/semiariocientifico/article/view/2171.

Vasconcelos, S.D., & Souto, E. (2003). O livro didático no ensino fundamental: proposta de critérios para análise de conteúdo. *Ciência & Educação*, 9 (1), 93-104. https://doi.org/10.1590/S1516-73132003000100008

Vivarini, A. C., & Vivarini, B. C. D. (2021). Análise do aprendizado de Genética e Biologia Molecular em um pré-vestibular social: um reflexo do Ensino Médio. *Revista Educação Pública*. DOI: 10.18264/REP.

Willingham, D. T. (2011). *Por que os alunos não gostam da escola? Respostas da ciência cognitiva para tornar a sala de aula atrativa e efetiva*. Artmed.

Zabala, A., & Arnau, L. (2020). *Métodos para ensinar competências.* Penso.

Notas

TÍTULO DA OBRA
BNCC e Ensino de Genética: uma análise comparativa de coleções de livros didáticos do ensino médio antes e após sua implementação.

Vanessa Macedo Rodrigues
Licenciada em Ciências Biológicas
Universidade de Pernambuco, Petrolina, Brasil
vanessa.macedorodrigues@upe.br
https://orcid.org/0009-0000-5276-5492

Licenciada em Ciências Biológicas, na Universidade de Pernambuco (UPE). Faz parte do Grupo de Estudo e Pesquisa em Educação, Saúde e Sustentabilidade no Vale do São Francisco - SerTão (CNPq), no qual desenvolve pesquisas nas áreas de ensino de genética, currículo e livros didáticos. Participou do Programa Residência Pedagógica (RP), durante a graduação.

Telma Temoteo dos Santos
Doutora em Ensino em Biociências e Saúde
Universidade de Pernambuco, Colegiado das Ciências Biológicas, Petrolina, Brasil
telma.temoteo@upe.br
https://orcid.org/0000-0003-0250-3990

Doutora em Ensino em Biociências e Saúde (PGEBS/IOC/Fiocruz), licenciada em Ciências Biológicas (UERJ), e em Pedagogia (UNINOVE). Especialista em Imunohematologia (UFRJ). Professora Adjunta na Universidade de Pernambuco (UPE) e vice coordenadora no curso de Ciências Biológicas, campus Petrolina. Coordenadora local do Mestrado Profissional em Processos e Tecnologias Educacionais (ProfEducatec), na UPE. Líder do Grupo de Estudo e Pesquisa em Educação, Saúde e Sustentabilidade no Vale do São Francisco - SerTão (CNPq).

Endereço de correspondência do principal autor
Rua 14, número 125. Projeto Maria Tereza - Vila Km 25, 56.337-400, Petrolina, PE, Brasil.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Os papéis descrevem a contribuição específica de cada colaborador para a produção acadêmica inserir os dados dos autores conforme exemplo, excluindo o que não for aplicável. Iniciais dos primeiros nomes acrescidas com o último Sobrenome, conforme exemplo.

Concepção e elaboração do manuscrito: V.M. Rodrigues
Coleta de dados: V.M. Rodrigues
Análise de dados: V.M.Rodrigues
Discussão dos resultados: V.M.Rodrigues, T.T. dos Santos
Revisão e aprovação: V.M.Rodrigues, T.T. dos Santos

CONJUNTO DE DADOS DE PESQUISA

Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo foi publicado no próprio artigo.

FINANCIAMENTO

Não se aplica.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
Não se aplica.

CONFLITO DE INTERESSES
Não se aplica.

LICENÇA DE USO
Os autores cedem à revista **Alexandria** os direitos exclusivos de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a Licença Creative Commons Attribution (CC BY) 4.0 International. Esta licença permite que terceiros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho publicado, atribuindo o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico.

PUBLISHER
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Publicação no Portal de Periódicos UFSC. As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

HISTÓRICO
Recebido em: 02-03-2025 – Aprovado em: 22-10-2025 – Publicado em: 27-02-2026