

Estão os livros didáticos de biologia incorporando questões provindas do campo da pesquisa em ensino da área, como no caso do ensino de genética?

Do recent biology textbooks contain elements and questions provides of research in science education, specifically about genetics teaching?

Tânia Goldbach (IFRJ), Priscilla Bedor (IC-IFRJ/UFRJ)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFRJ-Campus RJ)

tania.goldbach@ifrj.edu.br, prisb_bio@yahoo.com.br

Resumo

Este trabalho trata de um estudo exploratório com análises iniciais de um conjunto de livros didáticos recomendados pelo PNLEM/2007 (2009) e PNLD/2012–Biologia, cujos autores estão presentes em ambas as versões e compõem o Catálogo/Guia de Livros desse programa governamental voltado para análise, recomendação e distribuição dos LDs, iniciado em 2007, para o ensino médio e suas disciplinas. Tomou-se como foco a temática Genética e tópicos afins. O objetivo geral é perceber continuidades, ausências e novidades em suas abordagens, tendo como panorama as importantes contribuições críticas presentes na literatura da área de Ensino de Ciências e Biologia, assim como da Filosofia e História da Biologia. Para o presente trabalho foram analisadas duas obras, uma delas foi a melhor pontuada e a outra a mais escolhida para o período iniciado em 2007. Os resultados preliminares indicam avanços e retrocessos quanto à inserção de elementos considerados importantes pelas pesquisas da área.

Palavras-chave: ensino de biologia, ensino de genética, pesquisa em educação em ciências e biologia, livro didático, saberes escolares.

Abstract

This paper is an exploratory study and shows preliminary analysis of a set of biology textbooks recommended by PNLEM/2007 (reedited in 2009) and PNLD/2012 - Biology, whose authors are present in both Catalog and Guide Books of the Government Program aimed at the analysis, recommendation and distribution of them, started in 2007 for the school and its disciplines. Was taken as a thematic focus “Genetics area and related topics”. The overall goal is to understand continuities, absences and news in their approach, with the overview of the important critical contributions in the literature in the area of Science Education and Biology as well as the Philosophy and History Biology. For the present study were analyzed two books, in these two editions, one that was chosen by the majority of public schools in 2007, and another in the best official evaluation in this version. Preliminary results indicate advances and throwbacks in inclusion of elements considered important by the research area.

Keywords: biology teaching, genetics teaching, science education research, textbooks, school knowledges.

Introdução

As motivações principais para esta investigação, em curso, estão relacionadas ao reconhecimento da importância dos livros didáticos (LDs) como materiais didáticos privilegiados por professores e alunos, usualmente norteadores dos planejamentos curriculares e atividades de sala de aula, embora passível de olhares críticos (MARTINS, 2006; MEGID, FRACALANZA, 2003; NUNEZ *et al* 2003,) e da existência de uma política governamental vigorosa de avaliação dos mesmos, que vem se afirmando na última década, onde inúmeros pesquisadores do campo do ensino de ciências tem participado, como pode ser reconhecido na composição das comissões de avaliação organizadas pelo Ministério da Educação, além de estarem promovendo pesquisas acadêmicas sobre o tema (EL-HANI, ROQUE & ROCHA, 2011).

Para esta pesquisa foram utilizados os documentos que refletem esta política de avaliação, a saber – o Catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (2007, que se repetiu em 2009) e o recente Guia de Livros Didáticos- Biologia (PNLD-2012). Estes documentos, socializados para as escolas públicas e disponíveis eletronicamente (Portal MEC/FNDE), apresentam o resultado de um processo avaliativo criterioso - elegendo e apontando características dos LDs - sistematizando uma listagem daqueles recomendados a serem escolhidos e distribuídos para as escolas públicas.

Tanto estes documentos, quanto os que fornecem seus pressupostos, pretendem resguardar a qualidade dos LDs e acentuam a necessidade dos professores serem conscientes e buscarem identidade em suas escolhas, tendo em vista suas realidades de trabalho. Consideram também que os mesmos não devem ser tratados como recursos únicos para a prática docente, como enuncia El-Hani (2011), nos pressupostos utilizados no documento de avaliação: “O livro didático deve dar espaço ao professor para que escolha outros materiais para complementar sua prática, de acordo com o projeto político-pedagógico de sua escola (p.217)”. Este aspecto, num outro contexto analítico, foi também salientado por Neto e Fracalanza (2003) ao destacarem que os professores “fazem constantemente adaptações das coleções, tentando moldá-las à sua realidade escolar e às suas convicções pedagógicas (p.147)”.

Urge investigar se a política de avaliação dos livros didáticos, selecionando os livros a serem recomendados e oferecendo elementos para análise e escolha dos mesmos por parte dos professores, estão influenciando as novas edições das obras. Esta motivação ilumina o desenho desta pesquisa, ainda em caráter exploratório. Não se pretende analisar a utilização dos LDs - com suas potenciais qualidades de inovação ou não - visto que uma complexa rede de elementos entraria em jogo e outros contornos de pesquisa precisariam ser considerados.

Aliada a estas considerações iniciais sobre os LDs, temos em conta nossa afinidade com a temática “Genética e temas afins”, constatando seu importante lugar no ensino de Biologia. O entendimento da hereditariedade e dos elementos envolvidos neste processo é estruturante para a compreensão de diversos tópicos biológicos, além de fazer parte das ideias consideradas fundamentais na formação global dos cidadãos. Tanto esta importância, quanto o reconhecimento de ser a “Genética e temas afins” uma temática com profundos problemas diagnosticados no processo de ensino e aprendizagem, estão presentes em vasta literatura nacional e internacional, do campo da educação, assim como da teoria e filosofia da biologia (GERICK, 2007 ;EL-HANI, 2007; XAVIER *et al* 2007; GOLDBACH, 2006,2007; SILVEIRA,AMABIS, 2003; LEWIS *et al*; BANET & AYUSO, 1995; BAHAR *et al* ,1999 e outros). Este é o outro campo de motivação desta pesquisa.

Em recente levantamento da produção nacional sobre pesquisa envolvendo o ensino da temática “Genética e afins” (GOLDBACH *et al*, 2011), baseado em trabalhos apresentados

nos principais eventos nacionais da Área de Ensino de Ciências e Biologia (foram considerados 16 Anais dos Encontros Perspectivas do Ens. de Biologia - EPEB, Encontros de Pesquisadores em Ens. de Ciências – ENPEC e Encontros Regional-RJ/ES e Nacional de Ens. de Biologia -ERE BIO-ENE BIO, entre 2001-2010) e nas dissertações e teses, é reconhecido um grande número e uma diversidade de trabalhos; o que expressa a presença de uma significativa massa crítica de professores e pesquisadores envolvidos com a temática (206 trabalhos nos eventos e 74 dissertações e teses). Para efeito de síntese e agrupamento, foram identificados alguns importantes problemas e desafios mencionados nesta literatura nacional, e foi sugerido categorizá-los em três focos: 1) fragmentação, 2) descontextualização e 3) desatualização dos conteúdos, elementos e enfoques sobre o tema, seja nos materiais didáticos - livros didáticos e outras fontes -, seja refletidos nos discursos e representações generalizadas dos professores e alunos (GOLDBACH, 2009).

Na perspectiva do entendimento da fragmentação da temática e de buscas para superação, podem ser citadas pesquisas relativas à concepção de alunos sobre diferentes conceitos e elementos relacionados com a hereditariedade (localização e organização do material genético; conceitos alternativos e científicos sobre hereditariedade, ideias sobre divisão celular; células e DNA; genes, código genético e divisão celular), os quais identificam a fragmentação do ensino e seus desdobramentos como dificultadores do processo de ensino-aprendizagem. Neste campo, trabalhos que envolvem a perspectiva da história da ciência, podem ser vistos como contribuições para o entendimento da construção histórica do conhecimento, que oferece luzes a integração dos olhares. Com vistas a sugerir alternativas para enfrentar esta declarada e usual fragmentação do ensino da temática, uma série de atividades, jogos e recursos didáticos são apresentados e analisados em vários trabalhos (envolvendo sistema sanguíneo, 1ª lei e meiose, estrutura do DNA; duplicação; enzimas; código genético) (ver títulos/autores em GOLDBACH, 2009)

As perspectivas voltadas para a contextualização e atualização da temática podem ser reconhecidas em inúmeras pesquisas, e são focos importantes neste presente trabalho. As pesquisas encontradas envolvem análises de textos, de revistas de divulgação científica, utilização de filmes no ensino de genética, aliadas àqueles que exploram temas contemporâneos (clonagem, Projeto Genoma Humano e avanços científicos) e explicitam oferecer contribuições para a contextualização do ensino. O anúncio da necessidade de atualização permanente está presente em vários trabalhos, ao indicar o que são considerados temas de difícil aprendizagem, em respostas a questionários sobre dificuldades no ensino, em pesquisa com resolução de problemas. Experiências em espaços de educação não-formal e atividades que aproximam a universidade às escolas públicas são relatadas como ações positivas neste sentido.

Finalizando, damos destaque para as pesquisas, que se ampliaram nos últimos anos, envolvendo os conceitos de gene, suas histórias e controvérsias, partindo da análise de materiais educativos (revistas de divulgação científica, glossários, livros didáticos do ensino médio, livros do ensino superior), de concepções de alunos de ensino médio e superior sobre genes e herança. Estas pesquisas, cada uma de seu jeito, oferecem dicas para a perspectiva da contextualização e atualização da temática. As discussões sobre a relação gene-ambiente também se somam a esse conjunto de trabalhos. Retomaremos estas ideias adiante.

Este trabalho pretende reconhecer como os LDs recomendados pelo MEC lidam com alguns dos problemas e desafios anunciados. Tem-se como interesse pontual reconhecer diferenças nos livros analisados na edição 2005 (expressa no PNLEM-2007) e na edição 2010 (expressa

no PNLD-2012): perceber continuidades, ausências e novidades em suas abordagens, tendo como panorama as importantes contribuições críticas presentes na literatura.

Escolha dos livros

A escolha das obras para esta fase da pesquisa se faz a partir dos dados e resultados dos Programas Nacionais expressos no **Quadro 1** sobre o nº total de obras submetidas à análise e das recomendadas nas versões 2007 (revisada e mantido resultados e catálogo, em 2009) e 2012; ressaltando os autores que permaneceram no escopo das recomendadas.

Quadro 1: Dados relativos aos resultados do PNLEM-2007 e PNLD-2012 - Disciplina Biologia

	Comissão de Avaliação	nº de obras submetidas à análise	nº e percentual de obras recomendadas	Obras recomendadas comuns (quanto aos autores*) aos dois períodos avaliativos **
PNLEM (2007) (repetido no período 2009 para ajuste no calendário)	Composta por 26 professores universitários e 2 professores do ensino médio.	18	9 (50%) - 5 obras em Vol único - 4 obras em 3 volumes	-LIVRO 1- Linhares & Gewansdnadjer (18) -LIVRO 2- Amabis & Martho..... (15) -LIVRO 3- (Mendonça) & Laurence ... (12) -LIVRO 4- César & Sezar (11) -LIVRO 5- Lopes & Rosso (6)
PNLD (2012)	Equipe de 25 professores universitários e professores do ensino médio rede pública.	16	8 (50%) - todas em 3 volumes	* Considerando a ordem de autoria conforme PNLD 2012. ** Na ordem da avaliação, por número de itens positivos indicadores de qualidade, conforme PNLEM-2007. (2011, EL-HANI, ROQUE & ROCHA)

Das nove obras recomendadas para o PNLEM-2007, cinco se mantiveram nesta condição no PNLD-2012, e três novas obras, de autores diferentes, foram indicadas. Segundo El-Hani e colaboradores (2011), estas cinco obras foram as mais escolhidas pelos professores, conforme dados oficiais (na seguinte ordem: Livro 3, Livro 2, Livro 5, Livro 1 e Livro 4). Verificamos que são exatamente estas cinco, que apresentaram os melhores índices no instrumento avaliativo do Catálogo PNLEM-2007-Biologia, uma vez que contemplaram o maior número de variáveis indicativas de qualidade (ver números indicados nos parênteses do Quadro 1). Vale destacar que as obras do Guia PNLD-2012-Biologia são dos mesmos autores, mas não são exatamente as mesmas, visto que foram reformuladas e todas estão na versão de 3 volumes, quando anteriormente o Livro 1, 3 e 5, compunham um único volume. Para fins deste trabalho, utilizando as considerações acima, escolhemos analisar somente duas obras – 1 e 2 –, para ajustar o desenho da pesquisa, sendo estas as de índices avaliativos mais elevados e ambas bem escolhidas pelos professores em suas versões 2007, sendo que na versão 2012 foram revisadas (1 e 2) e reelaboradas em três volumes (1).

Definindo parâmetros para análise dos livros

Nosso movimento exploratório de investigação dos livros didáticos escolhidos constituiu-se no reconhecimento, nas obras, dos três aspectos abaixo:

Aspecto 1 - Existência de referências internas entre trechos do livro, com vistas à associação de níveis/abordagens do tema. (fragmentação)

Aspecto 2 - Anotação da ideia/conceito de gene utilizada/mencionada & Relação com o contexto/marco histórico associado. (contextualização)

Aspecto 3 - Presença de elementos/abordagens problematizadoras do Conceito Molecular Clássico de Gene, oferecendo visão mais complexa e dinâmica. (atualização)

Estes aspectos foram definidos por serem importantes questões presentes na literatura da área, mencionada na seção anterior, os quais podem ser associados aos referidos problemas de

abordagem fragmentada (aspecto 1), descontextualizada (aspecto 2) e desatualizada (aspecto 3) da temática.

Foi realizada leitura acurada das partes pertinentes das obras em análise, dando destaque àquelas relativas ao assunto (unidades e capítulos pertinentes), de forma direta ou indireta, e foram produzidos extensos quadros com trechos transcritos e observações, que serão sumarizados neste trabalho. Nos livros de 3 volumes, foram analisados os volumes 1 e 3, onde se encontram os capítulos pertinentes ao assunto.

Os destaques das alterações verificadas nas edições de 2005 (para o PNLEM 2007) e 2010 (para o PNLD 2012) das obras foram anotados, conforme se observa nos quadros, e serão salientados no final deste artigo. Na atual fase da pesquisa, são utilizados os dados dos livros 1 e 2, mas pretende-se dar continuidade com os demais.

Considerações exploratórias sobre as coleções analisadas

Para entendimento dos Quadros 2 a 6, que se seguem, salienta-se que foram anotados os números totais de registros na segunda linha de cada um deles. Encontram-se transcritos somente alguns exemplos significativos, sendo os demais presentes no “material primário” desta pesquisa. Estão marcados trechos em negrito e inseridas as indicações EXTRATO X (X=letra a ser estabelecida), para facilitar o desenvolvimento dos comentários que se seguem.

Aspecto 1 - Referências internas para outros trechos do livro, associando níveis/abordagens do tema:

Um dos problemas mais citados na literatura da pesquisa em ensino de biologia e genética diz respeito ao excesso de nomenclatura e a fragmentação das abordagens (PEREIRA *et al*, 2007; SILVEIRA & AMABIS; 2003, THOMSON & STEWART, 2003; AYUSO & BANET, 2002; LEACH *et al*, 2000) em várias unidades programáticas, a saber: características dos seres, base molecular da vida, núcleo e seu dinamismo, divisão celular, aspectos moleculares da hereditariedade, genética mendeliana (e seus inúmeros sub-tópicos), aplicações na biotecnologia, genética de populações, evolução. A fragmentação por si só não se consistiria em problema, mas verifica-se que estas unidades se inter-relacionam precariamente, poucas vezes explicitamente demarcadas, gerando pouca ou nenhuma correlação visando o entendimento integrado.

Quadro 2: Registros do **Aspecto 1** retirados do Livro 1 (Linhares & Gewansdnadjer)

LIVRO 1	Aspecto 1 - Referências internas entre trechos do livro, com vistas à associação de níveis/abordagens do tema.	
VOL 1	EDIÇÃO 2005 (PNLEM 2007) – Vol unico Numero de registro = 6	EDIÇÃO 2010 (PNLD 2012) Numero de registro = 17
Uma visão geral da Biologia & Núcleo, Cromossomos e Clonagem	“o DNA situado no núcleo comanda a síntese de proteínas por intermédio do RNA e essas proteínas controlam o metabolismo das células como veremos no próximo capítulo. (p.83)”.	“No entanto, há muitas diferenças entre genes e programas de computador ou receitas de bolo. Como veremos no capítulo 13, genes atuam em conjunto”. (p.22)
VOL 3	EDIÇÃO 2005 (PNLEM 2007)	EDIÇÃO 2010 (PNLD 2012)
CAPITULO Probabilidade e Genetica Molecular	EXTRATO A - “De forma simplificada, podemos dizer, então, que a sequência de bases de um segmento de DNA é responsável pela sequência de bases do RNAm. Essa sequência define o tipo de polipeptídeo ou de proteína formado. Por sua vez, as proteínas, mais a influência dos fatores ambientais, são responsáveis por determinados efeitos estruturais ou funcionais do organismo, isto é, por suas características fenotípicas.”	EXTRATO A - Deliberadamente insere revisão do que foi abordado no Vol 1, justificando ser necessário associar aspecto molecular com o fenótipo (desenvolvido em 4 folhas), terminando: “A síntese de proteínas a partir do DNA envolve uma complexa interação entre os diversos genes e entre estes, as enzimas e determinadas estruturas da célula, de forma que pode não ser muito simples explicar um fenótipo em nível molecular. ” Segue explicando dominância, recessividade e codominância pelos produtos gênicos e dá exemplos concretos (Albinismo e Anemia Falciforme)
CAPITULO Probabilidade e Gen Molecular	Faz excelente associação entre as características das ervilhas e explicação molecular para caráter rugosa – polimerização da amilopectina , graças a uma enzima que fica inativa (p.42). Também explica as plantas altas pela quantidade de giberilina devido a enzimas. Ausente na versão 2007.	
CAPITULO Herança sexual	EXTRATO B - p.100- fig 7.5 – Excelente correlação entre foto do par de cromossomos sexuais e diagrama do mesmo, representando bandas e indicando alguns genes presentes. Ausente na versão 2007.	

O livro 1 apresenta várias referências que remetem uma parte a outra, o que está bem mais acentuado na edição 2012 – de 6 registros de ocorrência, em 2007, passa para 17 - podendo ser entendido como forte intenção didática integrativa por parte dos autores.

O EXTRATO A exemplifica o esforço dos autores em associarem a chamada genética mendeliana a uma abordagem molecular. Na edição 2012, diferente da anterior, é introduzido uma parte suplementar significativa (4 folhas) chamada Genética Molecular, junto ao Capítulo de Probabilidade, inferindo associações entre fenótipos/ moléculas envolvidas/genes específicos, buscando explicar dominância e recessividade a partir da ação dos produtos gênicos e não somente pelo olhar mendeliano tradicional. E, se assume, explicitamente, o quanto este raciocínio não é simples! (EXTRATO A, 2012). Outro aspecto notado na edição 2012 são ilustrações adicionais, todas cuidadosamente legendadas - com indicações de tamanho e do tipo de coloração-, que buscam estabelecer correlações entre gene/cromossomo/fenótipo, tal como indica o EXTRATO B.

Quadro 3: Registros do **Aspecto 1** retirados dos Volumes 1 e 3 do Livro 2 (Amabis & Martho).

LIVRO 2	Aspecto 1 - Referências internas entre trechos do livro, com vistas à associação de níveis/abordagens do tema.	
VOL 1	EDIÇÃO 2005 (PNLEM 2007) Numero de registro = 8	EDIÇÃO 2010 (PNLD 2012) Numero de registro = 7
CAPITULO Controle das Ativ Celulares	Relação entre genes, cromossomos e DNA - Pede para relembrar a estrutura do cromossomo no capítulo 7 (p. 247)	Figura idêntica na versão 2007 - Trecho do DNA codificante que se desenrola do cromossomo – indicando que possui informação para RNA.
VOL 3		
CAPITULO Lei da Segregação Genét	Refere-se diretamente a meiose para explicar a segregação dos alelos (fig 2.6).	Mesmo trecho da edição 2007.
CAPITULO Do Genótipo ao Fenótipo: como se expressam os genes e CAPITULO Aplicações do conhecimento genético Na versão 2010 estes capítulos foram reduzidos e estão fundidos e muitos trechos, boxes, figuras e leituras foram retirados ou minimizados		
	Erros do Metabolismo, tema que está igual na versão 2012, embora em ordem diferente, isenta da abordagem histórica (que ocupava 4 folhas). Trata de exemplos como Fenilcetonúria, Alcaptonúria e Albinismo – fazendo uma associação entre gene no cromossomo específico e sua relação com o produto gênico e seus comprometimentos gerando as doenças genéticas. (P.122-123)	

No livro 2, mesmo que com poucas referências internas entre as partes, observa-se – destacado em negrito – alguns esquemas e trechos importantes que correlacionam conceitos, presentes nas duas versões, integrando cromossomos, DNA e genes, assim como enfatizando a importância de se entender a meiose para o estudo da segregação dos alelos. Chamamos atenção para o termo alelo, que aparece substituindo o termo gene, o que é visto em várias pesquisas como motivo de confusão, o qual está menos esclarecido na versão 2012, quando comparado com a de 2007. Esta se apresentava bem mais completa que a atual, embora seguem exemplos associativos entre gene e cromossomo específico, relacionando produtos gênicos e seus comprometimentos em doença genética própria.

Aspecto 2 - Anotação da idéia/conceito de gene utilizada/mencionada & Relação com o contexto/marco histórico associado:

A história da ideia de gene tem sido tratada por muitos autores, indicando que com o desenvolvimento dos conhecimentos do campo da biologia - desde suas sub-áreas nascentes, na virada do século XIX, aos novos paradigmas provindos das distintas fases de desenvolvimento da biologia molecular - foram se estabelecendo novas visões e abordagens para esta “unidade” de herança, conforme observa-se na figura 1.

A literatura apresenta importantes trabalhos envolvendo investigação das abordagens sobre genes no ensino de genética, utilizando diferentes categorizações com base em análise histórica e inspirada em discussões da filosofia da Biologia (Beurten, 2000; Keller, 2002; Stotz, Griffiths, 2004; Moss, 2003). Neste sentido temos o “grupo baiano”, com estudos

teóricos e de análise de livros didáticos com os trabalhos de Santos e El-Hani (2009), Joaquim e El-Hani (2010), Nascimento (2010), utilizando as seguintes categorias: “gene molecular clássico”; “gene informacional”; “gene-P” e “gene-D” (ambos *sensu* MOSS, 2003); “gene mendeliano”, “gene clássico” e “gene bioquímico-clássico”. Já Gericke e Hagberg (2006, 2009) elaboram quadros analíticos, baseados na perspectiva histórica e utilizam esquemas inspirados em modelos conceituais, que são: modelo mendeliano, modelo clássico, modelo bioquímico-clássico, modelo neoclássico e modelo moderno da função do gene; e, Goldbach (2010, 2006, 1995), de forma simplificada e didática utilizou: marco mendeliano, marco cromossomal/morganiano, marco molecular, marco molecular-clássico e marco interacionista.

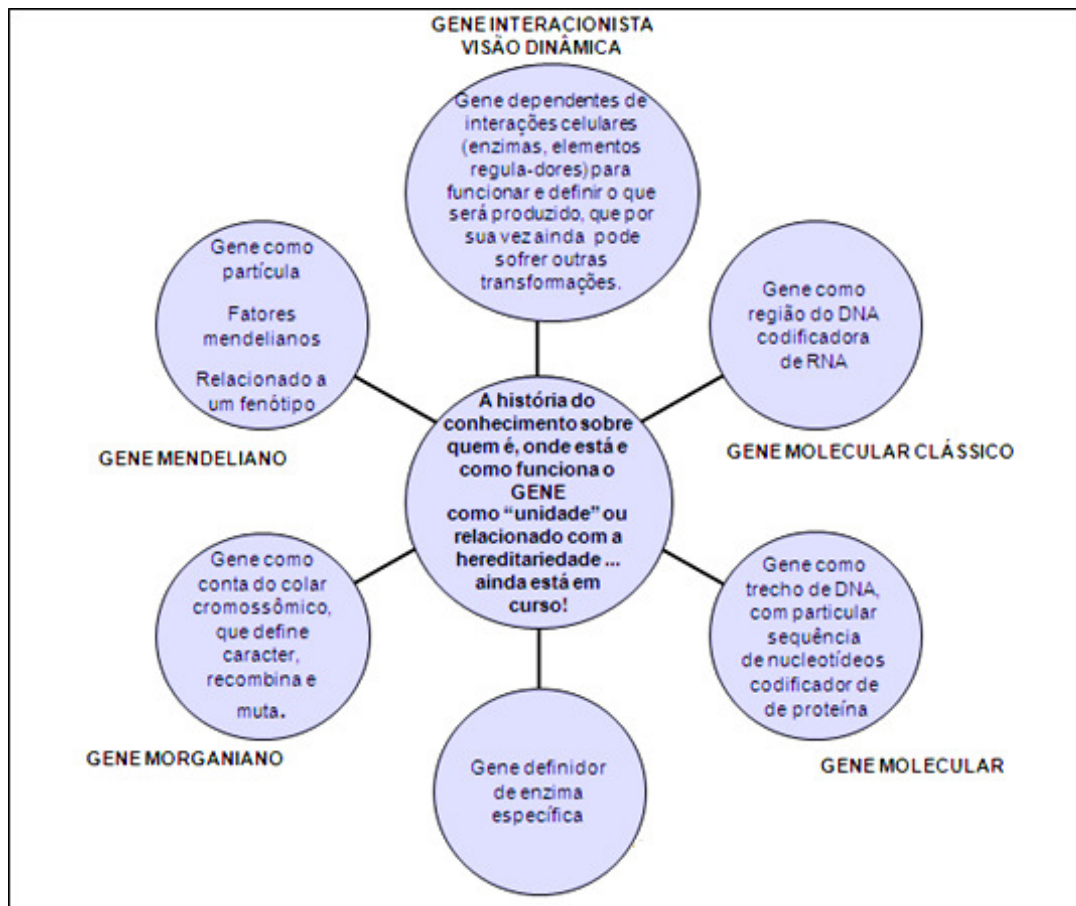


Figura 1: Esquema exemplificando as visões sobre o que são genes. GOLDBACH *et al* (2010).

Em pesquisa sobre ideias de gene nos 18 livros, considerando também aqueles não recomendados, presentes no PNLEM 2007 (SANTOS & EL-HANI, 2009), os resultados indicam a presença de um hibridismo conceitual nos mesmos, sendo que a concepção molecular clássica e a concepção fenotípica (gene-P) são as predominantes. Uma conclusão importante, afirmada pelos pesquisadores, está no seguinte trecho:

“O principal problema com o uso de modelos híbridos é que eles trazem dificuldades para a compreensão da natureza dos modelos científicos e do contexto histórico de sua construção, tendo sérias conseqüências, pois, para a compreensão da natureza da ciência, e, além disso, podem facilmente levar a confusões semânticas e ambigüidades na compreensão de um dado conteúdo. Este argumento contrário ao uso de modelos híbridos não implica, entretanto, a necessidade de adoção de um único e abrangente modelo ou conceito de gene, que inclua toda a diversidade de significados e funções epistêmicas conectada a esse termo. Trata-se, antes, de uma proposta de coexistência de uma diversidade de conceitos e modelos de ‘gene’, mas com domínios bem delimitados de aplicação”. (Santos & El-Hani, p.18, 2009)

Buscamos reconhecer os marcos nos quais se inserem as referências diretas a genes nos livros em análise, em suas duas edições. Nos Quadros 4 e 5 encontram-se alguns trechos, em registro simplificado em função do espaço deste trabalho. É possível reconhecer, tal como em Santos & El-Hani (2009), um hibridismo conceitual presente, aliado a pouca valorização textual, com argumentação explicativa, dos momentos quando o marco tende a ser reconhecido como interacionista.

Quadro 4: Registros do **Aspecto 2** retirados do Livro 1 (Linhares & Gewansdnadjer).

LIVRO 1	Aspecto 2 - Anotação da idéia/conceito de gene utilizada/mencionada & relação com o contexto/marco histórico associado	
VOL 1	EDIÇÃO 2005 (PNLEM 2007) Numero de registro = 8	EDIÇÃO 2010 (PNLD 2012) Numero de registro = 14
CAP ITULO Uma visão geral da Biologia	EXTRATO D - “A estrutura conhecida como gene corresponde a um segmento ou pedaço da molécula de DNA. Nos genes estão as informações responsáveis pelas características do indivíduo, como a cor dos olhos, a cor dos cabelos, a forma dos narizes, no caso de uma aranha, o tipo de teia que ela tece para capturar suas presas. Desse modo, o DNA funciona à semelhança de um programa de computador e o organismo corresponderia a um computador que trabalhasse conforme as ordens do DNA!”	EXTRATO D - “De forma simplificada, ... os genes são formados por segmentos de DNA. Os genes contêm informações que, em interação com outras partes da célula e com o ambiente, influenciam várias características do indivíduo , como cor dos olhos ou dos cabelos, (...) Algumas vezes, o gene e o DNA são comparados a uma receita de bolo ou a um programa de computador. Assim como um bolo é produzido de acordo com as instruções da receita,(...) No entanto, há muitas diferenças entre genes e programas de computador ou receitas de bolo. (...) os genes atuam em conjunto com certas moléculas, orientando a produção de proteínas, as quais promovem determinadas transformações químicas no organismo. Todo esse processo é influenciado não apenas pelo ambiente externo (...), mas também por seu “ambiente interno”, formado por célula, proteínas e outras moléculas que podem atuar “ligando e desligando” certos genes em determinados momentos”.
CAP ITULO Ácidos nucleicos e Engenharia Genética	EXTRATO E – Explica e ilustra a etapa do processamento. “A ideia que um gene corresponde a um polipeptídeo ou a uma proteína é uma visão simplificada de um processo mais complexo. Muitos segmentos de DNA são introns, outros transcrevem apenas RNAr ou RNAt em vez de proteínas. Além disso, a síntese de uma proteína específica não depende apenas da sequência de bases de determinado segmento do DNA , mas de uma interação entre vários genes com moléculas do ambiente – tanto do ambiente externo quanto do interno do organismo. Por isso, é muito difícil definir gene, isto é, dizer com precisão o que é um gene. ” (p.200)	
CAP ITULO Ácidos nucleicos e Engenharia Genética	EXTRATO F - BOX Biologia e Saúde - Excelente correlação entre molecular e cromossomo ao tratar da FIBROSE CÍSTICA “Em 1989, os cientistas descobriram que a doença era provocada pela falta de 3 nucleotídeos em um setor de um gene do cromossomo 7... a proteína codificada por esse gene era responsável pela entrada e saída de água e sais nas células das vias respiratórias...” Com essa descoberta foi possível desenvolver testes genéticos para diagnosticar se a pessoa é portadora da doença e também tentar a substituição do gene, pela terapia genética ou usar drogas que compensem a falta da proteína normal” (p.206)	
VOL 3	EDIÇÃO 2005 (PNLEM 2007)	EDIÇÃO 2010 (PNLD 2012)
CAP ITULO Probabilidade e Genética Molecular	EXTRATO G - “De forma simplificada, podemos dizer, então, que a sequência de bases de um segmento de DNA é responsável pela sequência de bases do RNAm. Essa sequência define o tipo de polipeptídeo ou de proteína formado. Por sua vez, as proteínas, mais a influência dos fatores ambientais , são responsáveis por determinados efeitos estruturais ou funcionais do organismo, isto é, por suas características fenótipos.” ... “Como vimos (...) um segmento de DNA pode originar mais de uma proteína ou de uma cadeia polipeptídica pela remoção de certos trechos do RNA (exons) de diferentes maneiras... e boa parte de nosso DNA não codifica proteína , estando envolvida, por exemplo, na regulação da atividade dos genes. ” (p.40) GENE MOLECULAR CLÁSSICO E GENE INTERACIONISTA	
CAP ITULO Interação gênica	p.422– <i>ao tratar do efeito pleiotrópico na fenilcetonúria</i> – “Em termos moleculares, o gene fabrica apenas uma enzima, mas a presença ou ausência dessa enzima tem várias consequências no organismo.” GENE MOLECULAR	IDEM na p. 83
CAP ITULO Ligação gênica	p. 419 (ed 2007 e p.93 – ed 2010) – fig 41.6/fig 6.10 – Apresenta alguns genes – corpo negro, olhos púrpura, asas vestigiais, sem antenas – todos no cromossomo 2, indicando também o cariótipo. GENE MORGANIANO Ambas edições possuem Box falando de Morgan e a descoberta do linkage.	
CAP ITULO A tecnologia do DNA (vol. único)	Neste capítulo a maior parte das menções aos genes trata de correspondência do mesmo a certa doença, ou certa característica, que se quer reconhecer (sondas) ou transferir (DNA recombinante), por exemplo. GENE MOLECULAR E GENE MOLECULAR CLÁSSICO	

É possível perceber, no Livro 1, mudanças importantes entre a edição 2012 e 2007, incorporando elementos contextualizadores e cuidados dos autores para não transmitirem uma visão determinista dos genes, como pode ser vista no cuidado crítico relativo à metáfora da receita e do computador (EXTRATO D e EXTRATO G).

No Quadro 4 estão destacadas várias notações da ideia de gene, incluindo elementos problematizadores da concepção clássica de genes (abordadas no próximo item), ressaltando, inclusive, a dificuldade de conceituá-lo, tal como indica o EXTRATO E.

Utiliza-se alguns exemplos ilustrativos, na edição 2012, nos Boxes (que são novidades nesta edição), tal como o declarado raciocínio da concepção molecular do gene da fibrose cística

(EXTRATO F), que também é desdobrado em possibilidade de aplicação da biologia molecular, com otimismo (exagerado) para terapia gênica.

Quadro 5: Registros do **Aspecto 2** retirados dos Vol 1 e 3 do Livro 2 (Amabis & Martho)

LIVRO 2	Aspecto 2 - Anotação da idéia/conceito de gene utilizada/mencionada & relação com o contexto/marco histórico associado	
VOL 1	EDIÇÃO 2005 (PNLEM 2007) Numero de registro = 16	EDIÇÃO 2010 (PNLD 2012) Numero de registro = 14
CAPITULO Base Molecular da Vida	“A partir da década de 1940, os ácidos nucléicos passaram a ser detalhadamente investigados, pois se descobriu que eles constituem o gene” (p.80). GENE MOLECULAR	Foram retiradas as LEITURAS complementares, que na Edição 2007 oferecia boas oportunidades de aprofundamento da história do conceito de gene.
CAPITULO Núcleo e Cromossomos	“Os cromossomos são estruturas filamentosas portadoras dos genes, nos quais se encontram instruções escritas em código que comandam a produção de praticamente todas as proteínas celulares. Uma vez que as proteínas participam, como enzimas, de todas as reações metabólicas, conclui-se que o núcleo é o centro controlador do metabolismo.” (p.157) - GENE MOLECULAR	<i>Texto introdutório:</i> “O núcleo celular contém os cromossomos, nos quais se encontram as informações que comandam a vida das células: os genes” (p.152). GENE MORGANIANO Ocorre redução na descrição inicial. É retirado o experimento do Hammerling e o trecho sobre a descoberta do núcleo e sua função! Ficou reduzida também a descrição do cromossomo e comparação com procariontes.
CAPITULO Controle Gênico das Atividades Celulares	“Um gene corresponde a uma região particular de uma molécula de DNA e pode ser formado por algumas dezenas de pares de nucleotídeos ou até por milhões deles. Cada gene determina a produção de uma molécula específica de RNA, “transcrevendo” seu código molecular para ela”. (P.249) GENE MOLECULAR CLÁSSICO	TEXTO IDÊNTICO (p,224) Além disso está representado um esquema genérico de gene (fig 11.7 – 2010, e fig 11.10 em 2007), com a legenda “Em um gene, a sequência de bases de uma das cadeias do DNA é transcrita na forma de uma molécula de RNAm, que, por sua vez, será traduzida uma cadeia polipeptídica”. GENE MOLECULAR CLÁSSICO
VOL 3	A diferença entre as duas versões é bastante notada, com retirada de boxes, em especial vários deles voltados para a contextualização histórica, biografias e experimentos clássicos.	
CAPITULO Cromossomos sexuais	“Representação da sequência de reações bioquímicas que levam à síntese do pigmento melanina no pêlo de camundongos aguti, preto e albino. Cada transformação química é controlada por uma enzima, fabricada por um gene específico” (Fig 4.14).	Esta parte está minimizada nesta edição.
CAPITULO “Do Genótipo ao Fenótipo: como se expressam os genes” e CAPITULO “Aplicações do conhecimento genético” Na versão 2010 estes capítulos estão fundidos e muitos trechos, boxes, figuras e leituras foram retirados ou minimizados.		
	“Nesta coleção, definimos gene como “um segmento de DNA com informação para a síntese de um polipeptídeo ou de um RNA” (p.143) Comparação entre unidades de transcrição em eucariotos e procariontes (Fig 7.15).	“O termo gene foi criado pelo pesquisador dinamarquês Wilhem Ludvig Johannsen, em 1909. Desde então, muitas definições de gene foram propostas. Uma definição de gene bem aceita pelos geneticistas é: gene é uma sequência de nucleotídeos do DNA que pode ser transcrita em uma versão de RNA.” (p.124) - GENE MOLECULAR CLÁSSICO
CAPITULO Aplicações do conhecimento genético	No capítulo de Aplicações do conhecimento genético, bastante extenso, encontram-se vários exemplos da utilização da expressão GENE PARA... ao se tratar de exemplos de engenharia genética: Fig 8.16 – Genes humanos ligados a DNA de plasmídeos podem funcionar em bactérias, fazendo-as produzir substâncias humanas de interesse médico ou comercial. “O primeiro transplante de genes bem-sucedido em animais foi realizado em 1981. Pedacos de DNA de coelho com o gene da hemoglobina foram injetados ...” (p.172) e vários outros.	

Aspecto 3 - Presença de elementos/abordagem que questiona o Conceito Molecular Clássico de Gene, oferecendo abordagem mais complexa e dinâmica

Joaquim e El-Hani (2010), em artigo recente, elaboram uma rica revisão sobre a “crise e revisão do conceito de gene” ressaltando que importantes descobertas da biologia molecular, nos últimos 30 anos, tal como os genes interrompidos, as emendas (splicing) alternativas, as regiões não codificantes, as sequências repetitivas de DNA, os pseudogenes, a regulação pós-transcricional, os RNAi, entre outros achados, fazem parte deste contexto de discussão. Estes elementos são ampliados, no quadro didático indicativo de inúmeros fenômenos que apontam para anomalias no conceito molecular clássico de gene, adaptado de Gerstein *et al* (2007).

Longe de buscar reconhecer todos estes itens, visto que trata-se aqui de livro didático do ensino médio, buscamos destacar os elementos problematizadores ao conceito molecular clássico de gene (CMCG), que podem ser associados ao entendimento dos genes num marco interacionista, encontrados nos livros 1 e 2, reunidos no Quadro 6, num formato esquemático.

Quadro 6: Elementos problematizados ao CMCG encontrados nas duas edições dos livros 1 e 2

Elementos problematizadores ao Conceito Molecular Clássico de Gene/Marco Interacionista		
	LIVRO 1 - Linhares & Gewandsdnadjer	LIVRO 2 - Amabis & Martho
PRESENÇA DE INTRONS	A edição 2007 apresenta, de forma paralela em pequeno box, que os eucariontes possuem introns e exons, mas não desenvolve as consequências deste processo(p.94). Isto é feito de forma bem completa na edição 2010, utilizando-se de esquemas ilustrativos.	Os introns e o processamento alternativo do RNA não são mencionados no Vol 1; tampouco esta etapa é sistematizada, em esquema final, ao representar o fluxo de informação genética. Este elemento está reportado, vigorosamente, na edição 2007 - vol 3, com esquemas explicativos de “corte e emenda” e em duas leituras adicionais – que foram retiradas na edição 2010.
PROBLEMATIZAÇÃO QUANTO AOS TIPOS DE RNA	Na edição 2010 é introduzido a ideia que o RNA-r pode agir como ribozima.	
DNA-LIXO OU DNA-NÃO CODIFICANTE ?	Na edição 2007, ao tratar do Projeto Genoma Humano, comenta-se sobre a existência de DNA-lixo, identificado como possíveis pedaços herdados, como parasitas e como controladores da expressão genica (p.98). Na edição 2010 o fato de se reconhecer que somente 5% do genoma correspondem a genes é tratado diferente: não se aplica mais o termo DNA-lixo e é acentuado o papel regulador do DNA-não-codificante. (p.204)	Apresenta-se a ideia que o DNA não-codificante compõem 97% do genoma (p.249 e 224) – nas duas edições.
CONTROLE DA EXPRESSÃO GÊNICA	Aborda a existência de transposons e do controle da expressão gênica. (p.205). Menciona a regulação em procariontes e afirma que nos eucariontes esta é mais complexa envolvendo várias etapas do fluxo gênico. (p.206)	Menção às regiões de início de transcrição e de término (p.250 e 226) nas duas edições.
VISÃO INTERACIONISTA NA AÇÃO DOS GENES	Reforça-se a ideia, na edição 2010, que “a síntese de proteínas a partir do DNA envolve uma complexa interação entre os diversos genes e entre eles, as enzimas e determinadas estruturas da célula, de forma que pode não ser muito simples explicar um fenótipo em nível molecular”. Um Box chama atenção para a quebra de paradigma quanto a definição do sexo ser exclusivamente pelo cromossomo sexual e seus genes, mostrando que a temperatura é quem influencia no sexo em tartarugas. (p.101).	A edição 2007 contem Leitura excelente sobre Genética da Cor dos Olhos, ausente na edição 2010, indicando-a como caso de interação gênica, quando foi anteriormente tratada como monogênica, e depois se considerou dois pares e atualmente reconhece-se três ou mais genes envolvidos. Também é chamada atenção para influência ambiental no desenvolvimento dos fenótipos.

Constatações e reflexões sobre a indagação principal deste artigo

Percebe-se, pelos Quadros apresentados anteriormente, que no livro 1, em sua edição em três volumes (PNLD-2012), são introduzidas significativas mudanças, o que permitiu maior desenvolvimento e aprofundamento da temática, incluindo importantes aspectos apontados pela pesquisa na área de Ensino de Biologia. Nota-se, adicionalmente, que todo início de capítulo/unidade contém alguma situação contextualizadora do tema, de forma dialogada com o leitor, trazendo aspectos do cotidiano. Além disso, apresenta inúmeros boxes, antes inexistentes, relacionando Biologia & História, Biologia & Tecnologia, os quais são extremamente enriquecedores para construção de uma visão contextualizada da herança e de seus múltiplos aspectos. As figuras e ilustrações foram revistas e enriquecidas, com cuidado excepcional de descrição de legenda, ao se inserir as dimensões e a descrição de possuírem cores artificiais, por exemplo. Contudo apresenta-se pouco crítico no capítulo “Tecnologia do DNA”, com visão triunfalista do uso da biotecnologia, embora existam dicas reflexivas e ilustrativas, nas folhas finais presentes no livro do professor, ao chamar atenção para as discussões no campo da ética e dos interesses econômicos decorrentes das aplicações biotecnológicas.

Em relação ao livro 2, pode-se notar expressiva diferença gráfica, assim como redução em partes significativas da primeira edição. A edição 2007 primava pela presença de inúmeros boxes de leitura e outros adicionais, voltados para considerações históricas, reflexivas e de aprofundamento conceitual. Para muitos, assim como descrito no Guia-PNLEM-2007, a

coleção se caracterizava pelo “volume de informações além dos limites do esperado para o ensino de nível médio” oferecido para o aluno-leitor, que o professor poderia ou não se apropriar em seu trabalho docente. No lugar disso, na edição 2010, são incrementados quadros iniciais, junto às folhas introdutórias das unidades/capítulos, com indicações de frases relativas às competências e habilidades a serem desenvolvidas, assim como dando destaque aos conceitos, num formato sistemático, que se pretende trabalhar. Estas mudanças são valorizadas no Guia – PNLD-2012 como “favorecedores do processo contínuo da avaliação”. Nota-se que as inúmeras retiradas e “enxugamentos”, citados junto aos Quadros anteriormente apresentados, empobreceram os assuntos e seus desdobramentos. Isto pode ser particularmente percebido no volume 3, com a retirada de todo um capítulo (o Cap 7 - edição/2007), intitulado emblematicamente “Do genótipo ao fenótipo: como se expressam os genes”, fundamental para o desenvolvimento do raciocínio associativo entre níveis de entendimento da herança – com vários aspectos históricos apropriados, ajudando na construção do conhecimento. Este capítulo tratava de elementos contemporâneos do debate sobre o conceito de gene e a crítica à visão do DNA como um programa, exposto na leitura final de trecho de Evelyn F. Keller. A nosso ver, este capítulo, também cumpria com um importante papel de ligação para um entendimento não-simplificador das possibilidades das aplicações tecnológicas, apresentados no capítulo seguinte, que foi transformado em capítulo 5, edição 2012 (Aplicações do Conhecimento Genético).

Acreditamos que a novidade da “modernização” gráfica, presente nesta edição, traz consigo alguns problemas, como podem ser notados nas duas folhas introdutórias e emblemáticas da Unidade Genética, no volume 3. Nestas encontra-se uma elaborada ilustração representando a evolução das ideias sobre herança biológica, indicando os seguintes passos - acompanhados de pequenos textos e figuras de elementos e personagens representativos de cada um deles: 1) Pangênese, 2) Geração espontânea, 3) Pré-formação, 4) Epigênese, 5) Mendel e as bases da hereditariedade, 6) A teoria cromossômica da herança, e 7) A estrutura molecular do DNA. Surpreendentemente esta é a última etapa representada! Ela está acompanhada de uma ilustração de J. Watson e F. Crick, com o modelo da dupla hélice, e a frase “revela-se assim a estrutura molecular do gene, conhecimento básico para o desenvolvimento da genética moderna”. As calorosas e inúmeras discussões contemporâneas, postas com alguma ênfase na edição-2007, sobre trechos de DNA não-informativos, ativação diferencial dos genes, interações do genoma com os elementos celulares e ambientais, elementos epigenéticos, por exemplo, estão longe de serem representadas.

Consideramos, como palavras finais, que precisamos aperfeiçoar nossa metodologia para investigar os três aspectos considerados fundamentais para o entendimento dos problemas e desafios para construção de uma “genética escolar” – não-fragmentada, contextualizada e atualizada – incorporando as contribuições da pesquisa da área. Seguiremos as análises dos outros três LDs, elencados no Quadro 1, que também são comuns ao Catálogo do PNLEM/2007 e ao Guia do PNLD/2012.

Acima de tudo, esperamos que nossas investigações contribuam para iluminar o caminho diversificado de construção - junto da comunidade de professores, formadores de professores e pesquisadores - de uma “genética escolar” inovada, oferecendo novos saberes escolares, que reconheça os diferentes elementos e processos ligados a herança - transmissão e expressão das características - valorizando o papel do material genético, mas entendendo que ele faz parte de sistemas vivos onde teias e redes complexas de regulação e modulação estão presentes.

Referências

- AYUSO, G. E., BANET, E. Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. Enseñanza de las Ciencias, p. 133-157, 2002.

- BAHAR, J., JOHNSTONE, A.H., E HANSELL, H. Revisiting Learning Difficulties in Biology. *Journal of Biological Education*, 33(2), p. 84-86,1999.
- BANET H.; AYUSO. Alternativas a la enseñanza de la genética en la educaciona secundária. *Ensenanza de las Ciências*. 20 (1), 2002.
- BEURTEN, P., FALK R., RHEINBERGER, H.J. “The concept of the gene in development and Evolution”. Cambridge, U.K: Cambridge University Press, 2000.
- EL-HANI, C.N., ROQUE, N., ROCHA, P.L.B. Livros didáticos de biologia do ensino médio: resultados do PNLEM/2007. *Educ em Revista*. Belo Horizonte.v.27, n.01, p.211-240, abr. 2011.
- EL-HANI, C. N. Controvérsias sobre o conceito de gene e suas implicações para o ensino de genética, In: *Anais do V Enc. Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*. Baurú, SP, 2005.
- GERICKE, N.M., & HAGBERG, M. Conceptual incoherence as a result of the use of multiple historical models in school textbooks. *Research in Sc Education*, 2009.
- GERSTEIN, C B, ROZOWSKY, J.S *et al.* What is a gene, post-ENCODE? *Genome Res*. 17: 669-681,2007.
- GOLDBACH, T. (Org.), FONSECA, M. P. T., GUSMÃO, G. A. S. B., CASARIEGO, F. M., BEDOR, P., CAMPOS, D.M. “DOSSIÊ: Levantamento – Estado da Arte da Pesquisa em Ensino de Genética e Temas Afins (Período 2000–2010)”. Rio Janeiro, Ed IFRJ-Reitoria, CD-ROM, 2011.
- GOLDBACH, T., SARDINHA, R., DYZARS, F. & SILVEIRA, T.C. Problemas e desafios para o Ensino de Genética e temas afins no Ensino Médio: Dos levantamentos aos resultados de um grupo focal. *Anais do VI ENPEC*. Florianópolis, 2009.
- GOLDBACH, T. & EL-HANI, C. Entre receitas, programas e códigos: Metáforas e idéias sobre genes na divulgação científica e no contexto escolar. *Revista Alexandria*, UFSC, SC, v.1, n.1, 2008.
- GOLDBACH, T. “Entre receitas programas e códigos: as idéias sobre gene em diferentes contextos“. Rio de Janeiro, Programa de Difusão de C&T - COPPE/UFRJ, Doutorado, 2006.
- JOAQUIM, L.M., EL-HANI, C.N. A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. *Scientiæ Studia*, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 93-128, 2010.
- LEWIS, J., LEACH, J., WOOD-ROBINSON, C. Genes, chromosomes, cell division and inheritance - do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22, p.187 – 195, 2000.
- MARTINS, I. Analisando livros didáticos na perspectiva dos Estudos do Discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa. Campinas, SP. *Pro-Posições*, v.17, n.1, 2006.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. “Guia de livros didáticos: PNLD 2012”. Brasília : SEB, 2011.- “Catálogo de livros didáticos: PNELEM 2007”. Brasília : SEB, 2007.
- MOSS, L. The Concept of the Gene and the future of the Phenotype. Retirado de <http://www.nd.edu/ndphil/papers/Conceptofthegene.doc>, 2003.
- NASCIMENTO, L.M.M. Como ensinar a estudantes universitários de ciên biológicas e ciên da saúde sobre a crise do conceito de gene? *Dissert Mestrado – Or. Charbel El-Hani*. UFBA - 2010.
- NETO, J. M., FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. *Ciência & Educação*, Fortaleza, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.
- NUÑEZ, I. B., RAMALHO, B. L., SILVA, I. K. P., CAMPOS, A. P. A seleção de livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de ciências. (OEI), abr. 2003. PEREIRA, A.F, LEAO, A.M.A.C; JOFILI, J.M.S. Diagnóstico inicial das dificuldades de articulação dos conceitos básicos da Genética utilizando jogos didáticos - VI ENPEC 2007.
- PITOMBO, M.A., ALMEIDA, A.M.R., EL-HANI, C.N. Conceitos de Gene e Idéias Sobre Função Gênica em Livros Didáticos de Biologia Celular e Molecular do Ensino Superior Contexto e Educação, Editora Unijuí Ano 22 nº 77 Jan./Jun. 2007. P. 81-110.
- SANTOS, V.C., EL-HANI, C. N.. Idéias sobre genes em livros didáticos de biologia do ensino médio publicados no Brasil. In: *Anais do VI Encontro Nacional de Pesq em Ensino de Ciências*, Baurú, SP, 2007.
- SILVEIRA, R.V.M. & AMABIS, J.M. Como os estudantes do ensino médio relacionam os conceitos de localização e organização do material genético? in: *Anais do IV Encontro Nacional de Pesquisa. em Ensino de Ciências*, Bauru, SP.2003.
- STOTZ, K; GRIFFITHS, K.E & KNIGHT, R. How biologists conceptualize genes: an empirical study. *Stud. Hist. Phil. Biol. & Biomed. Sci*. 35 (2004) 647–673.
- THOMSON, N. & STEWART, J. Genetics Inquiry: Strategies and Knowledge Geneticists use in solving transmission genetics problems. in: *Science Education*, 87, p.161-180, 2003.
- XAVIER, M.C., FREIRE, A. S., MORAES, M. O. Avaliação dos professores com relação ao ensino de genética no nível médio: há espaço para a nova biologia? I Encontro Nacional de Ens de Biologia, RJ, 2005.