



QUANDO A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA CHEGA À SALA DE AULA: ANÁLISE DA GENÉTICA EM LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO

Bruna Sarpa Miceli

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciência, Tecnologia e Educação

Orientador: Dr. Marcelo Borges Rocha

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2019

QUANDO A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA CHEGA À SALA DE AULA: ANÁLISE DA GENÉTICA EM LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Programa/Curso de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação (PPCTE) do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciência, Tecnologia e Educação.

Bruna Sarpa Miceli

Banca Examinadora:

Presidente, Professor Dr. Marcelo Borges Rocha (CEFET/RJ) (orientador)

Professor Dr. Pedro Henrique Ribeiro de Souza (Colégio Pedro II)

Professora Dra. Taís Conceição dos Santos (CEFET/RJ)

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2019

CEFET/RJ – Sistema de Bibliotecas / Biblioteca Central

M619 Miceli, Bruna Sarpa
Quando a divulgação científica chega à sala de aula : análise da
genética em livros didáticos de biologia do ensino médio / Bruna
Sarpa Miceli.—2019.
125f. + anexos : il. ; enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação
Tecnológica Celso Suckow da Fonseca , 2019.
Bibliografia : f. 114-125
Orientador : Marcelo Borges Rocha

1. Comunicação científica. 2. Biologia - Estudo e ensino. 3.
Genética (Ensino médio). 4. Livros didáticos. I. Rocha, Marcelo
Borges (Orient.). II. Título.

CDD 507

Elaborada pela bibliotecária Mariana Oliveira CRB-7/5929

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Desta forma, durante a realização desta dissertação devo minha gratidão:

Primeiramente ao órgão de fomento, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

A Deus, por ter tido a oportunidade de realizar esta grande conquista e por estar cercada de pessoas especiais.

Ao meu querido orientador, Marcelo Rocha, por ser um grande exemplo de professor e pesquisador. Agradeço por toda paciência e por todo o suporte durante esta minha caminhada no mestrado e pela honra de poder trabalhar e aprender tanto com ele.

A toda minha família, por todo amor e carinho que sempre recebi. Agradeço especialmente à minha mãe por compartilhar as minhas alegrias e preocupações, e acima de tudo, pela paciência que sempre teve.

A equipe do LABDEC, por todo apoio e pelas contribuições durante as reuniões de grupo.

A toda equipe docente do CEFET/RJ, por todo crescimento e aprendizagem proporcionados durante o mestrado.

Aos membros da banca, Pedro e Taís, por todas as pontuações realizadas durante o exame de qualificação que contribuíram para a finalização deste trabalho.

RESUMO

Quando a Divulgação Científica chega à sala de aula: análise da Genética em Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio

A Divulgação Científica (DC) consiste em um recurso que veicula temas científicos e tecnológicos para a população através de diversos meios de comunicação. Quando presente nos livros didáticos (LDs) de Biologia, estes temas são capazes de despertar a curiosidade dos jovens por tratarem de questões próximas à realidade vivenciada no cotidiano, principalmente em relação à Genética, que, por sua vez, corresponde a uma área da ciência interdisciplinar. Desta forma, para esta dissertação articulamos estas três vertentes e nos questionamos a respeito de que alterações ocorrem nos textos de DC quando estes são inseridos nos LDs de Biologia. Desta forma, nosso objetivo foi analisar as possíveis alterações nos textos de divulgação, relacionados à Genética, quando estes são inseridos nos LDs de Biologia do Ensino Médio. Neste sentido, duas coleções foram selecionadas, totalizando vinte e quatro textos relacionados à temática em questão. Os mesmos foram analisados de acordo com as categorias de reelaboração discursiva, Natureza da Ciência e a linguagem. Os resultados indicaram que estes textos sofreram muitas eliminações de informação e em sua maioria apresentaram uma visão de ciência não neutra. Em relação à linguagem, tais textos utilizaram-se de bastantes recursos linguísticos (termos explicativos, metáforas e analogias), visando facilitar a compreensão do leitor sobre determinado assunto. Além disso, os textos presentes nos LDs realizaram correções de erros conceituais e apresentaram uma variedade de traços do discurso, o que reforça o caráter híbrido do material didático. De forma geral, concluímos nesta dissertação que os vinte e quatro textos analisados possuem potencial para promover debates sobre diversas questões e gerar reflexões acerca dos avanços da ciência, além de auxiliar na aproximação do conhecimento científico deste público.

Palavras-chave: Divulgação Científica; Genética; Livros Didáticos; Natureza da Ciência; Linguagem

ABSTRACT

When the Scientific Divulcation comes to the classroom: analysis of the Genetics in the Biology textbooks

The popular science consists of a resource which transmits scientific and technological themes to the population through various means of communication. When present in the Biology textbooks, these themes are capable to arouse the young people curiosity by dealing with issues close to the reality experienced in the everyday life, especially in relation to Genetics, which corresponds to an area of interdisciplinary science. In this way, for this research, we articulate these three strands and we questioned to what changes occur in the popular science texts when they are inserted in the Biology textbooks. Therefore, our goal was to analyze the possible changes in these texts, related to Genetics, when these are inserted into the Biology textbooks. Two collections of Biology textbooks were selected and twenty four texts related to this theme were totaled. They were analyzed according to the categories of discursive reelaboration, Nature of Science and the language. The results indicated that these texts have suffered many deletions of information and in their majority presented a vision of non-neutral science. In relation to language, these texts used many linguistic resources (explanatory terms, metaphors and analogies) to facilitate the reader's understanding about a particular subject. In addition, the texts present in the textbooks made corrections of conceptual errors and presented a variety of discourse traits, which reinforces the hybrid character of textbooks. In general, we concluded in this dissertation that the twenty four texts analyzed have the potential to promote discussions on various issues and generate reflections on the advances of science, as well as help in the approximation of the scientific knowledge of this public.

Keywords: Popular science; Genetics; Textbooks; Nature of Science; Language

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Informações gerais sobre as coleções didáticas analisadas.....	38
Quadro 2: Temáticas abordadas em cada volume das duas coleções didáticas.....	39
Quadro 3: Textos didáticos selecionados para análise e suas respectivas fontes.....	41
Quadro 4: Distribuição das fontes originais em cada coleção didática.....	49
Quadro 5: Principais assuntos de genética encontrados nos textos didáticos.....	50
Quadro 6: Presença de elementos da reelaboração discursiva por texto didático.....	51
Quadro 7: Eliminações (em itálico) de informações presente no texto 1.....	51
Quadro 8: Acréscimo (em negrito) realizado pelo autor do LD.....	53
Quadro 9: Eliminação não sinalizada (itálico) referente a opinião de um pesquisador sobre Rosalind Franklin.....	54
Quadro 10: Eliminação (itálico) realizada do texto original para o texto didático.....	55
Quadro 11: Substituição (negrito e sublinhado) da palavra ‘coagular’ para ‘aglutinar’ no texto didático.....	57
Quadro 12: Exclusão (itálico) de parágrafo para o texto original.....	57
Quadro 13: Exclusões (itálico) de trechos e acréscimo (negrito) de palavra observado em T7.....	58
Quadro 14: Exclusões (itálico) de dados realizadas em T7.....	59
Quadro 15: Eliminações (itálico) realizadas em T8 em relação à sua fonte original.....	60
Quadro 16: Eliminações (itálico) e acréscimo (negrito) realizadas em T9 em relação à sua fonte original.....	61
Quadro 17: Eliminação (itálico) e acréscimo (negrito) realizados em T10 em relação à fonte original.....	62
Quadro 18: Substituição de título e subtítulo observados em T11 em relação à sua fonte original.....	63
Quadro 19: Eliminações (itálico) realizadas para o T11.....	63
Quadro 20: Eliminações (itálico) realizadas em T12 em relação à sua fonte original.....	64

Quadro 21: Substituição (negrito e sublinhado), acréscimo (negrito), exclusão (itálico) e reordenação (itálico e sublinhado) em T13.....	65
Quadro 22: Acréscimo (negrito), exclusão (itálico) e reordenação (itálico e sublinhado) de informações em T13 em relação à sua fonte de origem.....	65
Quadro 23: Eliminações (itálico) realizadas em T14.....	67
Quadro 24: Eliminações (itálico) realizadas em T15.....	67
Quadro 25: Eliminação (itálico) realizada em T16.....	68
Quadro 26: Acréscimo (negrito) realizado em T16.....	68
Quadro 27: Eliminações (itálico) realizadas em T17.....	69
Quadro 28: Eliminação (itálico) de informações sobre o autor do texto original observados em T18.....	70
Quadro 29: Eliminações sinalizadas (itálico) em T19 em relação ao texto original.....	71
Quadro 30: Eliminações não sinalizadas (itálico) em T19.....	71
Quadro 31: Eliminações de informação (itálico) percebidas em T20.....	72
Quadro 32: Eliminações (itálico) de dados encontradas em T21.....	74
Quadro 33: Eliminações (itálico) presentes em T22.....	74
Quadro 34: Eliminações (itálico), acréscimos (negrito) e substituições (negrito e sublinhado) de palavras e frases em T23.....	75
Quadro 35: Eliminações (itálico), acréscimo (negrito), reordenação (itálico e sublinhado) e substituição (negrito e sublinhado) dos dois primeiros parágrafos do texto didático T24.....	77
Quadro 36: Eliminações (itálico), reordenação (itálico e sublinhado) e substituição (negrito e sublinhado) observados do 3º e 4º parágrafo de T24.....	78
Quadro 37: Eliminações (itálico), acréscimos (negrito), reordenações (itálico e sublinhado) e substituições (negrito e sublinhado) observados do 5º e 6º parágrafo de T24.....	79
Quadro 38: Parágrafos eliminados do texto original de T24.....	80
Quadro 39: Grau de hibridez dos textos didáticos encontrados durante a análise.....	81
Quadro 40: Classificação dos textos de acordo com as subcategorias elencadas de NdC.....	81
Quadro 41: Número total de textos por elementos da linguagem analisados.....	97
Quadro 42: Traços do discurso por texto didático.....	97

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

AAAS	American Association for the Advancement of Science
ABCMC	Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciências
ABRADIC	Associação Brasileira de Divulgação Científica
AC	Análise de conteúdo
ACS	American Chemical Society
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DC	Divulgação científica
DNA	Ácido desoxirribonucléico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação, Ciência e Tecnologia
INCE	Instituto Nacional do Cinema
LABDEC	Laboratório de Divulgação Científica e Ensino de Ciências
LD	Livro Didático
MAST	Museu de Astronomia e Ciências Afins
MEC	Ministério da Educação e Cultura
NdC	Natureza da Ciência
OGM	Organismos Geneticamente Modificados
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PnLD	Programa Nacional do Livro Didático
PnLEM	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio
RNA	Ácido ribonucleico

SUMÁRIO

Introdução	12
1. A Divulgação Científica	17
1.1 A Divulgação Científica no Brasil: breve histórico	22
1.2. Discursos da divulgação científica e do livro didático: possíveis aproximações	23
1.2.1 Divulgação Científica e o Ensino de Ciências	26
2. Quando a Divulgação Científica chega à sala de aula	29
2.1. O livro como recurso didático no ensino	29
2.2 Genética: de sua origem à inserção das tecnologias	32
2.2.1 Quando a Genética vira notícia: a relação da temática com o ensino	34
3. Metodologia	37
3.1. Tipo de pesquisa	37
3.2. Coleta de dados	38
3.3. Seleção dos textos	40
3.4. Análise de dados	42
3.4.1 Análise de Conteúdo	42
3.4.2 Categorização dos textos	45
3.4.2.1 A reelaboração discursiva	45
3.4.2.2 A natureza da ciência	46
3.4.2.3 A linguagem	47
4. Resultados e discussão	49
4.1 Análise dos textos	50
4.1.1 Reelaboração discursiva	51
4.1.2 Natureza da ciência	81
4.1.2.1 Textos que retratavam a não neutralidade da ciência	82
4.1.2.2 Textos que apresentavam visões distorcidas da ciência	90
4.1.3 Linguagem	96
Considerações finais	111
Referências	114
ANEXO 1	126
ANEXO 2	127
ANEXO 3	129
ANEXO 4	130

ANEXO 5	131
ANEXO 6	132
ANEXO 7	134
ANEXO 8	135
ANEXO 9	144
ANEXO 10	145
ANEXO 11	149
ANEXO 12	150
ANEXO 13	151
ANEXO 14	152
ANEXO 15	155
ANEXO 16	156
ANEXO 17	157
ANEXO 18	158
ANEXO 19	160
ANEXO 20	161
ANEXO 21	163
ANEXO 22	164
ANEXO 23	166
ANEXO 24	167
ANEXO 25	171
ANEXO 26	172
ANEXO 27	173
ANEXO 28	174
ANEXO 29	175
ANEXO 30	176
ANEXO 31	177
ANEXO 32	179
ANEXO 33	180
ANEXO 34	181
ANEXO 35	183
ANEXO 36	184
ANEXO 37	187
ANEXO 38	188

ANEXO 39	190
ANEXO 40	191
ANEXO 41	193
ANEXO 42	194
ANEXO 43	195
ANEXO 44	196
ANEXO 45	197
ANEXO 46	198

INTRODUÇÃO

Meu interesse e motivação em escolher as Ciências Biológicas como minha área de formação surgiu a partir das aulas de Biologia do Ensino Médio pelo incentivo de excelentes docentes. Além deles, tive o incentivo de minha irmã que havia começado a graduação nesta área. Era fascinante a ideia de estudar a vida e entender suas peculiaridades.

Como faço parte de uma família de professores, pude ver o quão bela e gratificante é esta profissão. E claro, não poderia ser diferente: fui tomada pelo gosto de lecionar. Assim, durante meu trabalho de conclusão de curso, me dediquei a estudar um material de auxílio no processo de ensino-aprendizagem: o livro didático.

Após a minha formação, iniciei, em 2016, uma Pós-Graduação *Latu Sensu* em Ensino de Ciências na Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Neste período, sentia necessidade de reforçar meus conhecimentos sobre a temática referente à Genética, pelo fato de que a mesma sempre me encantou e despertou curiosidade. Desta forma, dediquei a minha monografia para esta área relacionando tal temática com textos de Divulgação Científica presentes nos livros didáticos recentes (referentes ao PNLD de 2015) e antigos (PNLD de 2012 e 2009). Foi neste momento que fui ‘apresentada’ à Divulgação Científica (DC) e logo percebi que se tratava de um importante recurso para tornar público os conhecimentos científicos e, ainda, com potencial para o processo de ensino-aprendizagem em ciências.

Devido à pouca idade, senti necessidade de buscar algo que pudesse contribuir para o amadurecimento da minha vida acadêmica e profissional, que também se iniciava naquele momento. Ao ingressar no Mestrado do CEFET/RJ em 2017, mais uma vez, tive a oportunidade de expandir meus horizontes e aprofundar meus estudos. Ao participar da equipe do Laboratório de Divulgação Científica no Ensino de Ciências (LABDEC), pude ter certeza das minhas áreas de interesse, que são a DC, a Genética e os livros didáticos.

Senti necessidade de aprofundar os estudos que havia iniciado na especialização e com isso comecei a questionar a forma como os livros didáticos de Biologia do Ensino Médio, pertencentes ao PNLD de 2018, têm apresentado textos de DC sobre Genética. Questionei-me acerca das modificações que esses textos sofrem quando passam a

integrar os livros didáticos e ainda, que implicações essas alterações, caso existam, podem provocar no entendimento sobre ciência pelos estudantes. Diante disto, com base na importância assumida pela Genética no ensino de ciências e pelo seu destaque na atualidade, além do papel desempenhado pela DC em aproximar os saberes da ciência da população, construí a questão norteadora desta pesquisa: Que alterações ocorrem nos textos de DC relacionados à Genética quando estes são inseridos nos livros didáticos de Biologia?

Acreditamos que estes textos sejam adaptados em relação às suas fontes originais a fim de favorecer a compreensão do aluno em relação ao tema, evidenciando o processo de construção do conhecimento científico através da utilização de uma linguagem coloquial e inteligível ao leitor.

Para responder este questionamento foi traçado o seguinte objetivo geral: analisar as possíveis alterações nos textos de divulgação, relacionados à Genética, quando estes são inseridos nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio. Como objetivos específicos, pontuamos:

- Comparar os textos encontrados nos livros com as suas fontes originais e analisar a forma como a reelaboração discursiva foi realizada (possíveis acréscimos, exclusões, substituições e reordenações de dados de um texto para o outro);
- Verificar se os textos analisados contribuem ou não para uma visão distorcida da ciência;
- Investigar se os recursos linguísticos utilizados nos textos são capazes de facilitar a compreensão do aluno;

Neste sentido, a importância apresentada pela DC pode ser justificada pelo fato da mesma oferecer a possibilidade de aproximar informações científicas e tecnológicas da realidade do leitor, o que, em relação à Genética, auxilia na compreensão do conteúdo. Desta forma, diz-se que ela desempenha um papel informativo para a sociedade (BUENO, 2010; ZAMBONI, 1997).

Justifica-se a escolha da Genética para esta dissertação através de sua importância para a construção de conhecimentos biológicos e por ser considerada um ramo interdisciplinar da ciência. Neste sentido, ela é capaz de trazer à tona questões éticas, sociais, tecnológicas, políticas e econômicas incorporadas na aplicação do conhecimento científico e na possibilidade que esta temática oferece, de refletir sobre a relação presente entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (BRASIL, 1998; 2000;

MOURA *et al.*, 2013; TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2014). Reforçando esta ideia, Peixe *et al.*, (2017, p.178), afirmam que a Genética tem ganhado destaque “por favorecer que a profundidade de conceitos se contextualize em práticas e experimentos acessíveis devido ao avanço tecnológico, com repercussões diretas sobre o cotidiano do educando”.

A escolha dos LDs como objeto de estudo deve-se ao fato de que este recurso é amplamente utilizado no processo de ensino-aprendizagem, tanto por alunos quanto por docentes. Além disso, auxiliam no direcionamento e organização do conteúdo. (DIAS, *et al.*, 2016; FIOREZE; DELIZOICOV, 2015; XAVIER; FREIRE; MORAES, 2006).

Vale a pena ressaltar que em um estudo realizado, quanto ao caráter dos trabalhos publicados referentes ao ensino de Genética, Melo e Carmo (2009) perceberam que ainda há poucas pesquisas que se dedicam à análise do livro didático nesta área. Ou seja, com este dado, inferimos que apesar da assumida importância representada por este recurso, a quantidade de pesquisas voltadas para a análise deste material, especialmente em relação à temática em questão, ainda é pequena.

Esta busca pelos textos de DC em livros didáticos também se explica pelo resultado intrigante que encontrei durante minha análise no curso de especialização, onde os livros mais antigos possuíam mais textos de divulgação do que os recentes. Este fato curioso possivelmente ocorreu uma vez que os livros mais recentes têm dedicado mais espaço às questões de preparação para o vestibular/ENEM, deixando uma lacuna no que diz respeito à DC. Assim, para este presente trabalho, buscamos diferentes critérios de análise de forma a aprofundar a discussão acerca do processo de inserção dos textos.

A partir do exposto, esta dissertação está organizada de modo que no capítulo 1 apresentamos os conceitos de DC e suas especificidades. Neste capítulo, apresentamos também o seu histórico na Europa, desde as primeiras tentativas de divulgar a ciência com a técnica de impressão de Gutenberg até o surgimento das primeiras academias científicas e outras fontes de divulgação. Em paralelo a este histórico, também mostramos como a popularização científica se iniciou em nosso país até adquirir espaços mais amplos como jornais, rádios e museus. Desta forma, também consideramos válido realizar um breve panorama nos dias atuais, principalmente a partir do surgimento de outros meios de divulgação, como a internet, que acelerou a forma de veiculação das notícias e contribuiu para seu acesso instantâneo e igualitário às diferentes classes e etnias.

Ainda neste primeiro capítulo, ressaltamos os diferentes discursos pelos quais a DC pode ser transmitida e suas principais características. Baseado em diversas pesquisas, citamos o discurso científico, produzido por pesquisadores cuja linguagem é impregnada de termos científicos e o discurso jornalístico, presente em jornais e revistas de divulgação o qual é adaptado do discurso anteriormente citado. Há ainda o discurso existente nos livros didáticos, que podem ser adaptados a partir de diversos discursos, constituindo-se como um texto ‘híbrido’, que se utiliza de termos didáticos.

Esta primeira parte se encerra com a importância da DC como recurso no ensino de ciências, que está pautada, segundo alguns autores, na aproximação do jovem/leitor com os conhecimentos da ciência. Além disso, os textos de divulgação auxiliam no desenvolvimento de outras aptidões como a leitura, interpretação e são capazes de instigar a curiosidade a respeito das questões científicas e tecnológicas. Nesta seção, consideramos válido apresentar um breve mapeamento referente a diversos trabalhos, que apesar de seus diferentes enfoques, abordam a relação da DC com o ensino de Ciências.

Iniciamos o capítulo 2 apresentando informações sobre os livros didáticos. Consideramos relevante citar a sua importância já que o mesmo é o principal recurso utilizado no processo de ensino-aprendizagem, assim como apresentar o surgimento do Programa Nacional do Livro Didático, que é responsável pela distribuição gratuita deste material nas escolas públicas do Brasil. Buscamos também relacionar este objeto de estudo com a DC, já que a nossa pesquisa consiste em analisar possíveis alterações entre os textos presentes no livro didático e sua fonte original.

Finalizamos o capítulo 2 apresentando o tema Genética, foco da análise nos textos de DC e os textos didáticos. Consideramos importante relatar o histórico desta temática a fim de entendermos como este ramo da ciência ganhou força e ascensão no ensino e nos debates da sociedade. Portanto, retratamos desde estudos anteriores à descoberta do DNA, perpassando pela investigação da estrutura de dupla hélice deste material genético. Por fim, dizemos que a tecnologia também contribuiu para os avanços de tais estudos, permitindo a manipulação e a utilização de técnicas antes inimagináveis.

No capítulo 3, detalhamos como foi realizada a escolha do material, a seleção dos textos, a análise dos dados e suas categorizações, que, por sua vez, foram apoiadas na técnica de Análise de Conteúdo, segundo Laurence Bardin. As categorias foram elencadas de acordo com as mudanças ocorridas nos textos de divulgação da sua fonte

original para o livro didático, sendo elas a reelaboração discursiva, a visão de natureza da ciência e a linguagem.

O capítulo 4 apresenta os resultados das análises de acordo com as categorias elencadas. Por fim, fechamos esta dissertação apresentando as nossas considerações finais visando sintetizar o trabalho e levar o leitor a refletir sobre a articulação entre DC, os livros didáticos e a temática de Genética.

Capítulo 1- A Divulgação Científica

A palavra ‘divulgar’ representa “a ação de dar ao vulgo”, ou seja, trazer ao público, ao povo, os saberes da ciência (ROJO, 2008, p. 588). Este propósito surge, de acordo com Mueller e Caribé (2010), com o nascimento da Ciência Moderna no final do século XV. O primeiro elemento de divulgação de grande repercussão neste período foi o invento da imprensa de Gutenberg. Esta técnica visava a impressão de livros e isto permitiu que a difusão do conhecimento fosse realizada e atingisse diversos países e cidades da Europa. Anterior a isso, a comunicação entre os intelectuais era estabelecida pela utilização de cartas e livros, o que limitava a ampliação do canal de comunicação com o público (MUELLER; CARIBÉ, 2010; ROSSI, 2001).

Ainda no que diz respeito à disseminação da ciência, o século XVI foi marcado pelo surgimento das primeiras academias científicas, que eram vistas com insegurança. Na Itália, a *Accademia Secretorum Naturae*, instituída em Nápoles, em 1560 foi fechada vinte anos depois devido às repressões da Igreja. Porém, na Inglaterra, a *Royal Society for the Improvement of Natural Knowledge*, proposta por Francis Bacon, em 1620, e na França, com a *Académie des Sciences*, em 1666, foram reconhecidas pelos seus governantes. Os membros das academias comunicavam-se por cartas, uma vez que as mesmas não eram abertas pelos governo. Os assuntos discutidos, posteriormente, eram impressos e passaram a ser conhecidos como atas ou anais das respectivas sociedades, já as cartas enviadas para a academia (também chamadas de *Letters*), mais tarde, iriam dar origem aos primeiros periódicos e revistas científicas (MUELLER; CARIBÉ, 2010).

A divulgação do saber ganha força, e, a partir do século XVII, com o crescente interesse da aristocracia e das classes médias pela ciência, os livros tornaram-se veículos de divulgação e ganharam destaque, onde obras de cientistas como Galileu Galilei e Newton passaram a ser propagadas. Nos séculos anteriores, apenas a elite possuía acesso ao conhecimento, uma vez que os livros eram escritos em latim. Com o avanço das línguas vernáculas, o saber científico passou a ser contemplado por um público maior (MUELLER; CARIBÉ, 2010).

Além dos livros, ressalta-se que no século XVIII, *A Enciclopédia de d’Alembert e Diderot* “inaugura uma nova maneira de fazer circular as ideias científicas e coloca à disposição do povo um enorme conjunto de textos organizados para divulgação.” (ROJO, 2008, p. 589). Ainda segundo a autora, ela era composta pelos ‘verbetes’

referentes a assuntos e conceitos da Ciência. Estes ‘verbetes’ constituem-se de textos pequenos que são produzidos por cientistas e veiculados de forma mais simplificada para o público. Durante este século, a transmissão do saber científico também era observada nos anfiteatros europeus e era realizada a partir de demonstrações e exposições de diversos fenômenos mecânicos, físicos e químicos (ROJO, 2008; SILVA, 2006).

De acordo com Mueller e Caribé (2010, p.21) “o século XIX foi considerado o século da ciência, da educação e das transformações políticas, econômicas e sociais, produzindo condições que propiciam atividades de divulgação científica”. Tais avanços foram possíveis devido à diminuição nas taxas de analfabetismo da população e pelo progresso das técnicas de impressão realizadas na Europa. As associações para o progresso da ciência são instituídas, como a *British Association*, em 1831, *American Chemical Society* (ACS) e a *American Association for the Advancement of Science* (AAAS) com a intenção de aproximar o conhecimento científico da sociedade.

Após os riscos evidenciados com o progresso científico e tecnológico durante a Segunda Guerra Mundial (VALÉRIO; BAZZO, 2006) surgiu a necessidade de compartilhar e tornar a sociedade participante dos acontecimentos da ciência e de suas questões científicas e tecnológicas. Sendo assim, diversos conceitos como o de ‘difusão científica’, ‘comunicação científica’ e ‘divulgação científica’ passaram a ser utilizados com o objetivo de definir os meios pelos quais o cidadão tem acesso ao conhecimento científico. Em relação aos conceitos de divulgação e comunicação científica, Bueno (2010, p.1) afirma que a literatura brasileira “não tem contribuído, ao longo do tempo, para o refinamento de alguns conceitos básicos que dão suporte à teoria e à prática nessas áreas”. Portanto, faz-se necessário diferenciar estas definições.

Albagli (1996) diferencia os conceitos de difusão, comunicação e divulgação científica (DC). Segundo a autora, a difusão científica é entendida como uma abordagem mais ampla, que engloba a transmissão da informação tanto para um público especializado quanto para um público leigo e, portanto, abrange a comunicação e a divulgação. A DC é definida como um conceito mais restrito do que a difusão, porém mais amplo do que a comunicação, uma vez que está vinculada com a propagação do conhecimento para a população. Já a comunicação científica é mais específica, uma vez que sua transmissão é dirigida para um público especializado, composto por especialistas.

Os autores Bueno (2010) e Loureiro (2003) também fazem essa diferenciação de conceitos, enfatizando e estabelecendo uma comparação entre comunicação e DC. A comunicação científica visa a disseminação de conhecimentos da ciência entre os próprios geradores destas informações (cientistas/pesquisadores), os quais estão familiarizados com temas relacionados à ciência e à tecnologia e que compreendem os processos do método científico, utilizando-se de discursos técnicos e científicos, além de proporcionar debates sobre as novas observações feitas, sendo encontrada em espaços como congressos e eventos científicos.

Há duas formas de disseminar informação através da comunicação científica: através das disseminações intrapares e extrapares. A disseminação intrapares visa a propagação de saberes entre especialistas de uma mesma área, cujo conteúdo é específico, podendo ser encontrada em periódicos especializados em determinada temática. Já a segunda, consiste em uma definição mais ampla e multidisciplinar, sendo realizada entre diferentes campos do saber. A semelhança entre ambas está no público a qual a informação é transmitida, que é composto por especialistas (BUENO, 2010; LOUREIRO, 2003; ZAMBONI, 1997).

Por outro lado, a DC, também conhecida como popularização científica, caracteriza-se por apresentar recursos utilizados para a veiculação do conhecimento científico para fora do contexto em que é criada, ou seja, para a população (ALBAGLI, 1996). Em outras palavras, ao contrário da comunicação científica, a DC é responsável por transmitir os saberes da ciência (produzidos por cientistas) para um público que geralmente não possui uma formação científica e tecnológica que permite a compreensão de determinados conceitos da ciência (BUENO, 2010; SILVA, 2006; SOUZA; ROCHA, 2015b; 2017a; ZAMBONI, 1997).

Neste sentido, Loureiro (2003, p.91) complementa com a definição de DC ao afirmar que ela “constitui-se no emprego de técnicas de recodificação de linguagem da informação científica e tecnológica objetivando atingir o público em geral e utilizando diferentes meios de comunicação de massa”. Em outras palavras, o autor declara que a DC necessita ser reelaborada a partir do momento de sua produção até ser veiculada pelos meios de comunicação, como jornais, revistas, livros e outras mídias (impressa e televisiva) e espaços não formais como os museus, por exemplo. Tal adaptação a torna mais compreensível e inteligível ao público leitor.

Conforme abordado anteriormente, a DC está relacionada com os meios de comunicação e disseminação da informação. Durante vários séculos, a mesma passou a

ser incorporada através das mídias impressas (jornais, livros e revistas) e mais recentemente, ela se expandiu para outros meios de veiculação, através da mídia televisiva, rádios, até ser impactada pela internet (MUELLER; CARIBÉ, 2010).

O início do século XXI foi marcado pelos avanços tecnológicos. A ciência e a tecnologia passaram a despertar o interesse da população por serem vistas como ferramentas capazes de ultrapassar qualquer problema. Esta visão contribuiu para criar grandes expectativas para o futuro (VALÉRIO; BAZZO, 2006). Mais adiante, surge um novo modelo na área da comunicação onde a ciência tem se fortalecido. De acordo com Lordêlo e Porto (2011 p.315) “a internet surgiu como uma ferramenta para ajudar a disseminação da ciência, propagando informações e auxiliando no processo instrucional e educacional das sociedades”.

Em outras palavras, a utilização da internet como meio de comunicação é cada vez maior, pois ela é capaz de ampliar a difusão de notícias de forma instantânea e viabiliza a troca de saberes e conhecimentos entre as sociedades e em escala mundial. Além disso, ela ainda permite a interação de indivíduos localizados em diferentes espaços, o que contribui para dissipação de possíveis barreiras geográficas e para a imposição de um contexto de ‘mundo globalizado’, integrando pessoas de todo o planeta em um mesmo espaço-tempo (LORDÊLO; PORTO, 2011; VICENTE; CORREA; SENA, 2015).

No que tange a ciência, a internet tem proporcionado a participação da sociedade em relação às questões científicas e tecnológicas. Segundo Lordêlo e Porto (2011), é possível observar que tanto estudantes quanto pesquisadores encontraram nesta ferramenta uma nova maneira de difundir seus conhecimentos e pesquisas. Diversos trabalhos e pesquisas passaram a estar disponíveis gratuitamente em plataformas *online*, seja por meio de revistas eletrônicas, periódicos ou repositórios. A partir disto, o acesso à informação torna-se mais rápido e fácil, além de ser disponibilizado para todos os tipos de público, de diferentes etnias, culturas e classes sociais (BUENO, 2010; LORDÊLO; PORTO, 2011; MENDES; BIZERRA, 2017; VICENTE; CORREA; SENA, 2015).

A tecnologia também abrange outros meios de comunicação e promoção da DC, como por exemplo, as versões *online* das revistas de DC. Conforme visto, a utilização de revistas e livros se expandiu durante os anos. Porém, observa-se que nas últimas décadas, tanto os livros quanto às revistas também se expandiram para o meio virtual. Concordando com Moreira e Massarani (2002), Macedo (2002) afirma que a maioria

das revistas de DC que são impressas, são encontradas em seus respectivos endereços eletrônicos, ou seja, disponíveis na internet. Em uma pesquisa realizada por esta autora, com quarenta e uma revistas de DC impressas de dez países, apenas uma não possuía sua versão na internet.

As revistas encontradas nos sites possuíam características diferentes da versão impressa, como a de ‘folheto’, que apresenta características gerais sobre suas edições e possibilita a assinatura ou compra; a de ‘aperitivo’, onde apenas uma parte do conteúdo era disponibilizada para leitura; e a de ‘complemento’, onde indica-se sites para complementar a leitura. Porém, Macedo (2002) também afirma que algumas versões *online* cujo conteúdo é mais completo, não costumam oferecer o conteúdo de forma gratuita. Outro empecilho em relação às revistas disponíveis na internet deve-se ao ‘fator tecnológico’, onde a leitura de textos nas telas de computadores ainda é vista como um desafio para alguns leitores.

Além da presença da DC em revistas *online*, há também, outras formas de realizar a DC através destes espaços virtuais. Mateus e Gonçalves (2012) citam a presença dos blogs e páginas como fontes promissoras de divulgação da ciência. Entre elas, o blog *GLORIAK.Divulga* (que explora temas voltados para a física e para trabalhos de José Reis), o *Clube do Explorador Mirim* (pertencente à FIOCRUZ e apresenta informações sobre a ciência, filmes, exposições) e o *Contando Ciência*, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que apresenta as pesquisas desenvolvidas.

Há também outras páginas da internet que são específicas para a DC, como as páginas da Casa da Ciência, do Museu da Vida, o Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST) e o Canal Ciência do Instituto Brasileiro de Informação, Ciência e Tecnologia – IBICT (MATEUS; GONÇALVES, 2012). Neste sentido, pode-se entender que a DC vem adquirindo um crescente espaço neste meio de comunicação, desde sites ligados a grandes instituições brasileiras até blogs de caráter menos formal.

Vale lembrar que além da internet, outros meios de divulgar a ciência têm tido destaque, por exemplo, os museus. Estes espaços representam um “espaço institucionalizado de memória, o qual se inter-relaciona com o indivíduo e a sociedade por meio do processamento e exposição dos bens culturais concretos e simbólicos que originam o patrimônio cultural” (LOUREIRO, 2003, p.88). Desta forma, eles estão atrelados com a promoção da cultura social através do fornecimento de informações relevantes, relacionadas com a vida em sociedade.

1.1- A Divulgação Científica no Brasil: breve histórico

Em comparação com os países da Europa, durante os séculos XVI, XVII e XVIII, o Brasil ainda era considerado uma colônia inexistente de atividades científicas, tampouco de sua divulgação. A população era analfabeta e apenas cidadãos de classes sociais dominantes possuíam oportunidades de contemplar o conhecimento científico fora do país. Apesar disso, em 1772, houve a criação da *Academia Científica do Rio de Janeiro*, cujo objetivo era disseminar conhecimentos da história, física, farmácia, medicina, entre outros saberes apenas para determinados membros da classe alta. Porém, esta ‘tentativa’ fracassou e a Academia foi fechada sete anos depois (DANTES, 2005; FONTANELLA; MEGLHIORATTI, 2013; MOREIRA; MASSARANI, 2002).

No início do século XIX, estas tentativas se intensificaram devido às difusões científicas vindas da Europa e pelas medidas tomadas pela Corte Portuguesa como a criação da Imprensa Régia, em 1810. A partir disto, diversas informações referentes ao conhecimento científico passaram a ser veiculados em jornais como o *Correio Braziliense*, *A Gazeta do Rio de Janeiro* e *O Patriota*. A segunda metade deste século foi marcada pelo otimismo em relação aos benefícios do avanço científico e técnico que atinge diversos países europeus devido à segunda revolução industrial, além do Brasil (DANTES, 2005; MASSARANI; MOREIRA 2016).

A DC começou a ser constituída neste período por meio de exposições, conferências e por meio dos jornais (AIRES *et al.*, 2003). O número de periódicos voltados para a Ciência aumentou e foram feitas as primeiras apresentações públicas para a divulgação do conhecimento científico, como a *Expedição Thayer*, do naturalista Louis Agassiz, em 1865 e, em 1873, surgem as *Conferências Populares da Glória*. Esta conferência representou uma das atividades de DC mais relevantes da história, uma vez que ela visava explorar e debater diversas temáticas como o clima, a importância da mulher na sociedade, doenças, entre outros assuntos.

O Museu Nacional, criado em 1818, também passou a desempenhar diversas funções, dentre elas a de garantir a disseminação do saber científico para o público. Desta forma, em 1876 os *Cursos Públicos do Museu* foram criados, sendo ministrados por especialistas das áreas de botânica, zoologia e geologia, com o intuito de instruir a população. A consolidação dos museus como grandes divulgadores da ciência tange desde 1970 até os anos de 1930 (AIRES *et al.*, 2003; LOUREIRO, 2003; MOREIRA; MASSARANI, 2002).

No início do século XX, as atividades voltadas para a Ciência não estavam estabilizadas. Porém, havia um grande esforço em buscar espaço para as pesquisas científicas por parte de profissionais ligados ao meio acadêmico e, em 1916, foi criada a *Sociedade Brasileira de Ciências* (que posteriormente ficou conhecida como *Academia Brasileira de Ciências*). Esta Sociedade contribuiu para que a transmissão do conhecimento científico atingisse outro patamar dos meios de divulgação e comunicação: sete anos depois foi instituída a primeira rádio brasileira, a *Rádio Sociedade do Rio de Janeiro*. Assim como as demais disseminações de saber, ela tinha o propósito de difundir as informações. Nos anos 30, surgiu o Instituto Nacional do Cinema (INCE), que também passou a popularizar a Ciência por meio da mídia televisiva (MASSARANI; MOREIRA, 2016).

Dentre diversos avanços deste século, foram criados o *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico* (CNPq) em 1951, um órgão de suporte às pesquisas e, posteriormente, na década de 80, os espaços não formais de ensino, como os museus voltados para a Ciência que ganharam amplitude: *Fundação Planetário do Rio de Janeiro* (1970), *Centro de Divulgação Científica e Cultural* (1980); *Espaço Ciência Viva* (1982); *Estação Ciência* (1987), *Museu da Vida* (1999). No início do século XXI foi criada a *Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciências* (ABCMC) e, em 2001, surge a ABRADIC- *Associação Brasileira de Divulgação Científica* (ALVES, 2005; FRANÇA, 2015; MASSARANI; MOREIRA 2016; MOREIRA; MASSARANI, 2002).

1.2- Discursos da Divulgação Científica e do livro didático: possíveis aproximações

Conforme foi apresentado nas seções anteriores, a DC destina-se a um público leigo. Assim, para que os conhecimentos da ciência sejam veiculados para a população é necessário que a DC passe a adotar uma linguagem mais inteligível, ou seja, de fácil compreensão, dispensando “a linguagem hermética e difícil da ciência, entendida por apenas uns poucos” (ZAMBONI, 1997, p.74). Desta forma, diz-se que a DC consiste em uma “atividade de reformulação discursiva”, isto é, ela passa por uma série de adaptações, tanto de discurso quanto de linguagem para tornar-se compreensível à sociedade (ZAMBONI, 1997, p.114). Estas reformulações compreendem desde os artigos científicos até outras fontes como as revistas de divulgação e os livros didáticos. Elas também são conhecidas por diversos autores como ‘reelaborações discursivas’

(MARTINS; CASSAB; ROCHA, 2001; PASSERI; AIRES; ROCHA, 2017; SOUZA; ROCHA, 2014; 2015b) e serão utilizadas nesta pesquisa.

Reforçando a ideia supracitada, assim como a reelaboração, o termo ‘recontextualização’ também é utilizado por alguns autores para explicitar que o conhecimento científico precisa passar por adaptações e que o mesmo se apresenta “a partir de uma variedade de estratégias comunicativas que abarcam questões relacionadas à seleção, à organização e à reformulação discursiva das informações” (OLIVEIRA; PAES, 2013, p.95). Em outras palavras, o discurso precisa ser reconstruído para diversos públicos, de acordo com suas diferentes condições sociais, culturais e econômicas.

Neste sentido, diversos autores ressaltam que o discurso da DC é heterogêneo, ou seja, é composto por diferentes discursos, conforme poderemos observar com base na literatura citada abaixo. Braga e Mortimer (2003) afirmam que os diversos discursos presentes na ciência possuem suas especificidades e necessitam de cuidados por parte de pesquisadores em relação ao ensino, isto porque estes discursos são capazes de interferir na compreensão de temas científicos. Deste modo, faz-se necessário entendê-los.

Grigoletto (2005, p.50) também descreve a heterogeneidade discursiva da DC, uma vez que ela é construída em um “espaço intervalar, que materializa o entrecruzamento de diferentes ordens de saberes e poderes, inscritas nos mecanismos de funcionamento das instituições da ciência e mídia”. Além disso, a autora afirma que tal discurso compreende as vozes do cientista, do jornalista e do senso comum e, portanto, os discursos científico, jornalístico e cotidiano.

Segundo Targino (2007) a DC está relacionada a dois principais discursos, sendo eles: o discurso científico e o jornalístico, ambos importantes para aproximar o saber da população. O primeiro, por ser produzido por cientistas, utiliza-se de termos técnicos, possui uma linguagem formal e precisa, com caráter persuasivo e inquestionável. Este discurso é comumente encontrado em publicações acadêmicas. O segundo, por sua vez, é um discurso presente em jornais, revistas e noticiários e geralmente é adaptado do primeiro. Apresenta linguagem coloquial e é de caráter informativo, o que estabelece uma aproximação com o público leitor.

Contudo, a utilização do discurso jornalístico requer cuidado. Bueno (2010, p.4) acrescenta que:

O jornalista ou o divulgador, com raras exceções, não está capacitado para o processo de decodificação ou recodificação do discurso especializado e o processo de produção jornalística pode (o que acontece de maneira

recorrente) privilegiar a espetacularização da notícia, buscando mais a ampliação da audiência do que a precisão ou a completude da informação.

Em outras palavras, o autor refere-se à atenção que se deve ter ao veicular informações dispostas no discurso científico para o jornalístico, pois ao adaptar/reelaborar o discurso, ou seja, na tentativa de facilitar a linguagem para o público leitor, o divulgador acaba por contribuir para a distorção da notícia. Além disso, a partir de tal adaptação, há também a possibilidade de comprometer determinado dado científico, inviabilizando e inutilizando o material (FERRARI; ANGOTTI; CRUZ, 2005).

Ainda em relação ao discurso jornalístico, Moreira e Massarani (2002, p.63) afirmam que ainda há “uma visão mistificada da atividade científica”. Neste caso, há um enfoque para a genialidade dos cientistas e raramente são levados em consideração os aspectos referentes à natureza da ciência, ou seja, à construção de uma visão de ciência que vem sendo elaborada com controvérsias e debates.

Já no que diz respeito ao discurso dos livros didáticos, Braga e Mortimer (2003) afirmam que o mesmo pode ser entendido como um discurso distinto, uma vez que é constituído pelos gêneros do discurso didático, científico, jornalístico e cotidiano. Entretanto, o livro não seria apenas uma soma destes discursos, tampouco seria uma reformulação dos mesmos. Ele se constitui quando o autor do livro didático se apropria de uma informação pertencente a alguns gêneros do discurso e, em seguida, produz um novo texto discursivo com a mesma linguagem que os demais textos apropriados. Portanto, pode-se dizer que este discurso é construído a partir da relação entre estes diferentes gêneros e representa as condições sociais em que ele está inserido (neste caso, segundo os autores, a escola).

Relacionando o discurso presente no livro com o encontrado nas revistas de DC, Grillo, Dobranszky e Laplane (2004) declararam que o primeiro é veiculado para um público específico (o público escolar) e é mediado pelo professor, que acaba assumindo a posição de detentor do conhecimento. O segundo, por ser transmitido através das mídias, é caracterizado por um público indeterminado, assim como ocorre com suas condições de produção. A semelhança entre estes dois discursos baseia-se no fato de que em ambos os casos, um dos interlocutores detém o conhecimento e o outro não. De acordo com as autoras, a presença de discursos referentes à veiculação do saber permite a distinção de características, tanto no âmbito de uma educação formal quanto de uma não-formal. Entender como estes discursos funcionam nestes dois espaços auxilia na delimitação dos mesmos.

De acordo com Souza e Rocha (2014, p.57), a importância do processo de reelaboração discursiva nos livros didáticos, por exemplo, surge a partir “da necessidade de recontextualização do tema abordado pelo texto de DC em relação ao conteúdo trabalhado em sala de aula.”, ou seja, tais alterações são realizadas a fim de aproximá-las dos conteúdos apresentados nos materiais didáticos, buscando clareza em relação ao assunto. Além disso, em um estudo mais recente realizado por Souza e Rocha (2017a) foi possível observar que os textos de divulgação ao serem inseridos no livro didático passam a se configurar como um texto híbrido, uma vez que são constituídos por características tanto do discurso da DC quanto do didático.

Nessa discussão, Martins, Cassab e Rocha (2001) afirmam que o discurso científico é aquele que abrange diversas formações discursivas relacionadas a diferentes perfis de textos, como aqueles presentes nos artigos científicos, nos jornais e revistas e no livro didático. Entretanto, para entendê-los, é necessário compreender as particularidades de cada texto, como o seu funcionamento, a maneira como são elaborados, o impacto que causam no leitor e especialmente em relação à forma como são realizadas as reelaborações discursivas de um texto para o outro, ou seja, desde o momento de sua produção (através dos artigos científicos) até a utilização deste conhecimento no âmbito escolar (através dos livros didáticos). Vale lembrar que a utilização da DC nestes espaços educacionais oferece uma série de benefícios, que serão apresentados na próxima seção (PUIATI; BOROWSKY; TERRAZZAN, 2007; SOUZA; ROCHA, 2014; 2017^a; ZAMBONI, 1997).

1.2.1 - Divulgação Científica e o Ensino de Ciências

Conforme abordado anteriormente, a popularização científica é realizada através da interlocução com o público por meio das mídias (impressa e televisiva), espaços não formais de ensino como os museus, entre outros meios de divulgação, como o rádio e a internet, garantindo que a população tenha noção a respeito de questões científicas e tecnológicas.

Zamboni (1997) afirma que a DC apresenta um caráter informativo, uma vez que possui a tarefa de compartilhar o conhecimento a nível social, de modo que o homem possa se inserir neste contexto científico-tecnológico. A partir deste contato com esses conhecimentos ligados à ciência (questões relacionadas à Genética, como a utilização de células-tronco e alimentos transgênicos, e a ecologia, através da utilização de energias

renováveis e de temas relacionados às mudanças climáticas) contribui-se para que estes indivíduos possam ser capazes de avaliar, opinar, debater e participar de diversas discussões, e, portanto, colabora-se para que os mesmos sejam alfabetizados cientificamente (BUENO, 2010; PUIATI; BOROWSKY; TERRAZZAN, 2007; SOUZA; ROCHA, 2014; 2017a; ZAMBONI, 1997).

Segundo Chassot (2003) e Sasseron e Carvalho (2011) a alfabetização científica desempenha um papel importante na aprendizagem das ciências, uma vez que ela é capaz de auxiliar na organização do pensamento de forma mais crítica, contribuindo para a integração do conhecimento científico no cotidiano dos cidadãos. Desta forma, a alfabetização científica, proposta por Chassot (2003, p.3) consiste em “saber ler a linguagem em que está escrita a natureza”. Em outras palavras, é entender a natureza das ciências e suas concepções de mundo, além de compreender os fenômenos e suas transformações.

De acordo com Ferrari, Angotti e Cruz (2005), a DC está inserida nos aspectos científicos e culturais de uma sociedade. Deste modo, além de aproximar o saber produzido pelo pesquisador do público, ela visa informar como o conhecimento científico é desenvolvido, auxilia na linguagem e no fornecimento de um vocabulário científico e contribui para a compreensão da relação entre ciência, tecnologia e sociedade. Ainda segundo os autores, a popularização científica permite que qualquer público (leigo ou especialista) se aproprie da informação e, para isso, seus temas devem ter relevância na vida social, ou seja, devem englobar questões atuais que retratem a vida em sociedade.

No âmbito escolar, a DC representa um importante recurso, visto que desperta e instiga a curiosidade dos jovens sobre assuntos importantes relacionados com o cotidiano em que estão inseridos. Os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (BRASIL, 1997, p.81) defendem o acesso à diversidade de textos de DC:

Além do livro didático, outras fontes oferecem textos informativos: enciclopédias, livros paradidáticos, artigos de jornais e revistas, folhetos de campanhas de saúde, de museus, textos da mídia informatizada, etc. É importante que o aluno possa ter acesso a uma diversidade de textos informativos, pois cada um deles tem estrutura e finalidade próprias.

Autores como Puiati, Borowsky e Terrazzan (2007) complementam tal ideia ao apresentar as vantagens do uso de textos de DC no ensino de ciências. Segundo os autores, eles representam uma nova alternativa para trabalhar outros aspectos educacionais que vão além dos conceitos científicos, como a linguagem, a interpretação

do conteúdo e a escrita. Tal afirmação acima é corroborada por Martins, Cassab e Rocha (2001) e Souza e Rocha (2014; 2015a; 2015b; 2017a), ao afirmarem que além do desenvolvimento destas habilidades, estes textos também garantem o contato com uma variedade de informações, que abrangem tanto a concordância de pensamentos e ideias quanto seus debates.

O uso de textos de DC, por exemplo, tem sido bastante utilizado e discutido em diversos trabalhos acadêmicos pelo potencial desempenhado por estas ferramentas no ensino de ciências. Alguns autores dedicaram-se à aplicação de textos de DC em sala de aula (MARTINS; NASCIMENTO; ABREU, 2004), à pesquisa com professores a respeito da utilização da DC como ferramenta no ensino (ROCHA, 2010), outros trabalhos representaram levantamentos do estado da arte de pesquisas referentes à DC e o ensino de ciências (FERREIRA; QUEIROZ, 2012a; FONTANELLA; MEGLHIORATTI, 2013; NASCIMENTO; REZENDE JÚNIOR, 2010; PUIATI; BOROWSKY; TERRAZZAN, 2007). Há também, artigos que se dedicaram a explorar os textos de DC dentro de uma determinada temática (AIRES *et al.*, 2003; CARVALHO, 2010; GOLDBACH; EL-HANI, 2008; KEMPER; ZIMMERMANN; GASTAL, 2010; SOUZA; ROCHA, 2015a; LEGEY; JURBERG; COUTINHO, 2009; MENDES; BIZERRA, 2017; MONERAT; ROCHA, 2017; ROCHA; VARGAS, 2016) e artigos que investigaram a relação da DC com o livro didático (MARTINS; CASSAB; ROCHA, 2001; NASCIMENTO, 2005; PASSERI; AIRES; ROCHA, 2017; SOUZA; ROCHA, 2014; 2015b; 2017a ; 2017b).

Nesta dissertação, seguiremos a nossa análise com base nos textos de Genética encontrados nos livros didáticos e suas referências originais (textos de DC), de acordo com categorias posteriormente estabelecidas. Desta forma, foi necessário traçar um estudo referente ao objeto de estudo (o livro didático) e a temática envolvida (a Genética), apresentados no capítulo a seguir.

Capítulo 2- Quando a Divulgação Científica chega à sala de aula

Neste capítulo apresentamos como a DC é inserida no ambiente escolar, mais especificamente nos livros didáticos (LDs). Consideramos relevante citar a importância do LD já que o mesmo é o principal recurso utilizado no processo de ensino-aprendizagem, assim como apresentar o surgimento do Programa Nacional do Livro Didático, que é responsável pela distribuição gratuita deste material nas escolas públicas do Brasil. Buscamos relacionar esta temática com a DC, já que a nossa análise consiste em investigar possíveis alterações nos textos de divulgação presentes no livro didático.

Finalizamos o capítulo 2 apresentando questões relacionadas à Genética. Consideramos aplicável relatar o histórico da Genética a fim de entendermos como este ramo da ciência ganhou força e ascensão no ensino e nos debates da sociedade, assim como a sua relação com a DC e sua repercussão nos meios de informação.

2.1- O livro como recurso didático no ensino

De acordo com Fioreze e Delizoicov (2015, p. 3) os LDs “foram compreendidos historicamente como agentes determinantes de currículos”, uma vez que esta ferramenta passou a delimitar as abordagens e a contextualização de informações.

No início do século XX, os livros eram produzidos a partir de adaptações de manuais vindos da Europa, caracterizados por possuírem muitas informações e por serem desprovidos de atividades práticas e exercícios voltados para o aluno. Além disso, os mesmos eram vistos como ferramentas que visavam apenas o lucro para grandes editoras, e não possuíam um cuidado com a forma em que o conteúdo era apresentado, tanto para os discentes quanto para os docentes. Este fato contribuiu para a formação de lacunas dentro do ensino, onde a educação era considerada fragmentada (BARRA; LORENZ, 1986; SIQUEIRA; SCHEID, 2015).

Diante de tais lacunas, posteriormente, algumas medidas foram tomadas a fim de controlar e organizar a circulação do LD. Através do Decreto-Lei nº 93 de 21 de dezembro de 1937, foi instituído o Instituto Nacional do Livro, que entre outros objetivos, visava a adoção de medidas responsáveis pela expansão e o aperfeiçoamento das edições deste material. Um ano depois, surgiu o Conselho Nacional do Livro

Didático, que gerenciava a circulação dos LDs no território nacional (BRASIL, 2017a). Barra e Lorenz (1986, p.1971) também afirmam que, com a democratização do acesso à educação básica, surgiu a necessidade deste recurso didático incluir também “conteúdos selecionados e organizados de modo a se tornarem relevantes para a maioria das escolas brasileiras”.

Relacionando os LDs com a questão curricular, vale a pena destacar que após o período da Segunda Guerra Mundial, o ensino de ciências adquiriu grande importância. Tal fato é marcado pelo crescimento da produção científica, onde a ciência e a tecnologia passaram a ser vistas como elementos fundamentais no desenvolvimento cultural, econômico e social (KRASILCHICK, 2000). Com isso, houve a necessidade de adequar o currículo (e consequentemente, os LDs) aos avanços do conhecimento científico e às demandas pedagógicas (BRASIL, 1998).

Paralelamente a isso, os Estados Unidos e a Inglaterra propuseram uma modificação no ensino de ciências que era voltada para a experimentação com ênfase no método científico. Assim, o Ministério da Educação e Cultura (MEC) firmou acordos com estes países visando uma nova concepção de educação cuja finalidade era a formação de cientistas. Deste modo, em 1952, surgem os primeiros kits didáticos voltados para o Ensino Médio e em 1955, para o Ensino Fundamental (BARRA; LORENZ, 1986).

A partir dos anos 1970, com o artigo I do Decreto nº 77.107, de 4 de fevereiro de 1976, a Fundação Nacional do Material Escolar assume as responsabilidades do Instituto Nacional do Livro e o governo torna-se responsável por uma parte das distribuições destes recursos didáticos para as escolas. Já em 1985, outro Decreto (Decreto nº 91.542 de 19 de agosto de 1985) elabora o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), que, por sua vez, objetiva a distribuição, de forma gratuita, de LDs para as escolas públicas do Brasil. Este programa assegura uma maior qualidade e legitimidade destes materiais que são oferecidos nas redes escolares e traz também, diversas alterações nesta política de gerenciamento do LD (BRASIL, 2017a; FONSECA; BOBROWSKI, 2015; PEIXE *et al.*, 2017).

Tais mudanças implicam na reutilização do LD a fim de ampliar a sua durabilidade. Outra alteração baseou-se na participação de professores durante a escolha, seleção e avaliação destes recursos, uma vez que alguns livros possuíam qualidade questionável, com presença de erros conceituais, por exemplo. Tal avaliação

visava o reparo destes erros (BRASIL, 2017a; FIOREZE; DELIZOICOV, 2015; FONSECA; BOBROWSKI, 2015).

A partir de 1995 é realizada, de forma gradativa, a distribuição de LDs para todo o Ensino Fundamental. Inicialmente tal distribuição abrangia apenas as disciplinas de português e matemática e posteriormente, entre 1996 e 1997, iniciou-se a distribuição para as disciplinas de ciências, história e geografia. Em 2003, através da Resolução CD FNDE nº. 38, de 15 de outubro de 2003, foi criado o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), com os mesmos objetivos do PNLD, porém voltados para o Ensino Médio (BRASIL, 2017a).

Atualmente, o LD é considerado uma ferramenta importante capaz de direcionar o processo de ensino-aprendizagem, sendo prestigiado pela comunidade escolar e utilizado tanto por alunos quanto pelos professores (DIAS, *et al.*, 2016; FIOREZE; DELIZOICOV, 2015; XAVIER; FREIRE; MORAES, 2006). Em relação aos docentes, este material didático é capaz de auxiliar na estruturação e organização do conteúdo curricular. Desta forma, ele necessita ser constantemente atualizado a fim de exercer sua função juntamente com a escola (FIOREZE; DELIZOICOV, 2015; FONSECA; BOBROWSKI, 2015; XAVIER; FREIRE; MORAES, 2006). Pode-se acrescentar ainda que livro também é capaz de interferir nas questões curriculares, uma vez que o mesmo determina a quantidade e a sequência das informações que são apresentadas (BARROS *et al.*, 2013). Neste sentido, destaca-se a importância deste material estar sendo sempre atualizado, a fim de contemplar aspectos curriculares que proporcionem uma interação entre os aspectos científicos, tecnológicos e sociais.

No que tange os LDs de Biologia e dada a importância deste recurso no ensino, Fonseca e Bobrowski (2015) afirmam que, apesar deste tipo de material apresentar temas atuais em seus conteúdos, os mesmos ainda não são estruturalmente modificados e, deste modo, textos referentes à biotecnologia recebem pouco destaque e ocupam apenas pequenas partes dos capítulos. Neste sentido, de acordo com Peixe *et al.* (2017, p.180), é relevante estabelecer uma análise deste material didático, já que o mesmo “é um instrumento que estuda a abordagem do conteúdo de forma a facilitar o entendimento dos conceitos biológicos, especificamente os de maior déficit de aprendizagem”.

Vale a pena ressaltar que, segundo Azevedo e Neto (2014) o LD deve ser capaz de estimular o senso crítico dos discentes, despertando a sua curiosidade e capacidade de investigar e interpretar assuntos relacionados ao conhecimento científico. Em muitos

casos, essa questão vem inserida por meio da apresentação de textos de DC neste material didático. Os mesmos podem ser observados através de seções voltadas para a relação da ciência com temas atuais, que são intituladas de diversas formas, como ‘ciência e tecnologia’, ‘ciência e sociedade’, ‘saiba mais’, entre outras. Além disso, eles são capazes de proporcionar debates e discussões sobre diversos assuntos e ainda podem instigar a curiosidade do aluno e promover uma leitura crítica acerca destes assuntos (FERREIRA; QUEIROZ, 2012a; MARTINS; CASSAB; ROCHA, 2001; SOUZA; ROCHA, 2014). Complementa-se também que a utilização destes textos oferece a possibilidade de aproximar o público escolar dos elementos da ciência, especialmente de assuntos que ainda são vistos como temas de difícil compreensão pelo estudante, como o caso da Genética.

2.2 - Genética: de sua origem à inserção das tecnologias

A Genética é considerada um ramo da ciência que vem intensificando seus estudos e tem trazido grandes contribuições para a atualidade “com a produção de novas tecnologias e produtos que influenciam o modo de vida da sociedade” (SOUZA; ROCHA, 2015b, p.132).

Os estudos de Miescher em 1869, que eram voltados para as organelas presentes nas células, começam a ‘traçar’ a relação do núcleo com a hereditariedade a partir da identificação da nucleína. Em 1910, após os estudos com *Drosophila*, Thomas Hunt Morgan estabelece a ligação entre os genes e os cromossomos, assim como a composição deste último: proteínas e DNA. Porém, devido “a simplicidade do DNA face à complexidade das proteínas, generalizou-se que o material genético era de natureza protéica”, o que pode ter contribuído para a desmotivação dos cientistas em relação aos estudos referentes ao DNA (SCHEID; DELIZOICOV; FERRARI, 2005; SOARES, 2015, p.14).

Em 1929, Levene identifica e faz a distinção de dois ácidos nucléicos, o DNA e o RNA. Além disso, este cientista apresentou a teoria tetranucleotídica, onde supostamente quatro nucleotídeos estariam “presentes em quantidades fixas e numa estrutura regular repetitiva” (SOARES, 2015, p.15). Contudo, a compreensibilidade destes ácidos nucléicos atribuiu-lhes apenas a função de regulação dos processos genéticos.

Desta forma, a década de 1930 até o final dos anos de 1940, o DNA ainda não tinha adquirido notável importância, uma vez que as pesquisas científicas concentravam-se nos estudos voltados para as proteínas, pelo fato das mesmas serem responsáveis pelos processos metabólicos e porque se acreditava que a hereditariedade estava associada à ação das proteínas. Hoje se sabe que esta função é atribuída ao DNA (SOARES, 2015).

Em 1953, foram atribuídos a James Watson e Francis Crick a descoberta do modelo de dupla hélice do DNA, que foi publicada na revista *Nature*. Este modelo permitiu afirmar que o DNA é composto por duas cadeias polinucleotídicas antiparalelas, que são unidas por pontes de hidrogênio. Em outras palavras, este material genético era formado por dois longos filamentos que contém nucleotídeos e que estão unidos em forma de espiral (SOARES, 2015).

Após tal descoberta, os estudos sobre o material genético se intensificaram e a área da Genética molecular progrediu, contribuindo para um maior entendimento sobre os processos biológicos (BUENO-SILVA, 2012). Os avanços da ciência, juntamente com a tecnologia, ficam cada vez mais evidentes na vida em sociedade e passaram a ser vistos com otimismo e como sinônimo de bem estar, possibilitando uma série de benefícios para a população. Com estes avanços, em 1972, os estudos sobre engenharia genética se iniciam e passam a ser atrelados com a utilização da tecnologia, produzindo ferramentas capazes de investigar e entender elementos biológicos a nível molecular (GARCIA; CHAMAS, 1996; TEIXEIRA; SILVA, 2017). Além disso, pode-se citar os avanços na indústria farmacêutica e das vacinas, que garantiram uma maior expectativa de vida para a população. Outro elemento de grande repercussão foi o mapeamento do genoma humano, proposto em 1980, que visava o sequenciamento das bases nitrogenadas. Isso permitiu o estudo detalhado dos genes que compõem um organismo, assim como a descoberta das causas de doenças hereditárias (TEIXEIRA; SILVA, 2017; TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2014).

Porém, a engenharia genética também trouxe discussões na comunidade científica sobre os seus possíveis malefícios, visto que, nos parâmetros atuais, a genética molecular permitiu não só a manipulação do material genético, mas a manipulação da vida. Nesse sentido, a questão ética e social passou a ser inserida nos estudos da ciência e da tecnologia. De acordo com Garcia e Chamas (1996, p. 106), “a biologia molecular tornou-se um grande ‘negócio’ para a sociedade” e passou a dividir opiniões sobre o seu uso, especialmente nos estudos da clonagem, da fertilização *in vitro*, além da utilização

de transgênicos e células-tronco. Este pensamento é reforçado por Leite (2000, p.40) quando o autor afirma que:

Mais que a capacidade de manipular as letras do código hereditário de plantas, animais e homens, a engenharia genética se notabiliza pelo poder de pôr em crise representações basilares sobre o que seja humano e natural, impondo ao mundo seus clones e quimeras (como pés de milho que produzem hormônio de crescimento humano e cabras que secretam proteínas da teia de aranha no próprio leite).

2.2.1 - Quando a Genética vira notícia: a relação da temática com o ensino

Além de diversas discussões acerca de temas relacionados à Genética, é possível observar que a mesma, quando inserida no ensino, também enfrenta empecilhos e debates no que tange à educação dos jovens. De acordo com Moura *et al.*, (2013), a escola desempenha um papel importante no compartilhamento do saber científico e na formação crítica de indivíduos. Porém, durante a pesquisa realizada pelas autoras, foi concluído que ainda há grandes lacunas entre o ensino de Genética e a realidade existente no cotidiano dos alunos. Tais lacunas são ocasionadas devido à formação precária de professores e à utilização do LD como recurso único no processo de ensino-aprendizagem, além da ausência de tecnologias e práticas interdisciplinares nas salas de aula.

Neste sentido, a Genética tem sido considerada como uma área da ciência desafiadora, que se utiliza de diversos conceitos científicos que dificultam o processo cognitivo do aluno. Mascarenhas *et al.*, (2016) afirmam que a metodologia utilizada para ensinar esta temática tem sido voltada especialmente a fim de preparar o estudante para as provas de vestibular. Desta forma, podemos inferir, de acordo com esta informação, que há pouca preocupação em instigar a curiosidade do aluno acerca deste tema e de torná-lo mais interessante para este público escolar.

Outro exemplo pode ser apresentado de acordo com uma pesquisa realizada com estudantes do Ensino Médio, onde Temp e Bartholomei-Santos (2014) constataram que grande parte deste público possui visões equivocadas com relação ao DNA. Segundo as autoras, os resultados indicaram que “a escolarização não é suficiente para levar à formação de um aprendizado cientificamente correto” (TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2014, p.364). Neste sentido, entende-se que tão importante quanto o ensino de Genética contemplado nas escolas, também se faz necessário a veiculação de informações científicas através dos meios de comunicação, uma vez que, quando utilizadas corretamente, tais ferramentas contribuem para a efetivação e dinamização da

aprendizagem (RESENDE; KLAUTAU-GUIMARÃES, 2011). Desta forma, é preciso compreender como a Genética passou a ser inserida nos meios de comunicação e os possíveis benefícios que tal veiculação é capaz de proporcionar para o público de uma forma geral.

Relacionando a DC com a necessidade de envolver a participação da população diante das questões científicas e tecnológicas, Nascimento e Martins (2005) afirmam que os meios de comunicação exercem um papel fundamental para a DC e para a formação de opiniões. Além disso, as mídias também contribuem para manter o cidadão atualizado e informado frente aos novos progressos do ramo da ciência e da tecnologia. Um exemplo clássico sobre esta abordagem foi em relação ao processo de clonagem da ovelha Dolly, em 1997. Segundo as autoras, após a repercussão deste noticiário, a Genética (principalmente assuntos relacionados à biotecnologia e engenharia genética) passou a ser incorporada e discutida com mais frequência nestes meios de comunicação (NASCIMENTO; MARTINS, 2005).

Segundo Nascimento (2005), a divulgação da ciência nos meios de comunicação também auxilia o ambiente escolar, uma vez que os docentes e até mesmo os materiais didáticos podem utilizar-se destes noticiários para manterem-se informados. A autora também chama atenção para a articulação entre a DC e a escola, principalmente no que diz respeito à apresentação de temas atuais (como a própria Genética) e a utilização de textos de DC, que, por sua vez, podem contribuir na atualização e organização dos conteúdos e na geração de debates.

Em relação a estes textos de DC, os PCNs (BRASIL, 1998) afirmam que a utilização destas fontes (entre elas, as apresentadas em jornais, revistas ou folhetos, além de livros de divulgação) desempenha um papel importante na complementação do LD. Corroborando para esta ideia, Silva e Freitas (2006) também defendem que o uso destes recursos no ensino é capaz de aproximar assuntos cotidianos do saber escolar.

Ainda de acordo com estes autores supracitados, alguns benefícios são pontuados a partir da utilização destas estratégias de ensino, como: a facilidade de acesso e manuseio pelas pessoas, a presença de uma linguagem clara e concisa, a contribuição na formação de um discente mais reflexivo e informado. Outra vantagem está pautada na possibilidade destes textos em colaborar para uma visão de ciência “como fruto de uma produção humana constantemente reformulada” (SILVA; FREITAS, 2006, p.43).

Relacionando a Genética com as propostas dos textos de DC, podemos ainda incluir a possibilidade de esclarecer temas considerados abstratos ou de difícil compreensão, além de buscar despertar o interesse do aluno aproximando a temática a partir de acontecimentos ocorrentes no cotidiano destes jovens (MASCARENHAS, *et al.*, 2016).

Deste modo, o próximo capítulo (Capítulo 3) apresentará o desenho metodológico estabelecido para esta pesquisa, além dos critérios e categorias de análise dos textos de DC, relacionados à Genética, encontrados nos LDs de Biologia do Ensino Médio.

Capítulo 3- Metodologia

O capítulo 3 apresenta o tipo de pesquisa que foi utilizada nesta dissertação. Além disso, justificamos como foi feita a coleta de dados, a escolha das coleções e o processo de seleção dos textos. Os dados coletados foram analisados à luz da Análise de Conteúdo de Bardin (1977).

3.1- Tipo de pesquisa

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa que se baseia em interpretações sociais (GASKELL; BAUER, 2017). Bogdan e Biklen (1994) definem cinco características desse tipo de pesquisa: o pesquisador é um elemento fundamental na pesquisa e o ambiente natural constitui-se de sua fonte de dados; a investigação é descritiva, onde as informações são obtidas por meio de palavras imagens e não a partir de números; há interesse, por parte dos pesquisadores, pelo processo da pesquisa e não somente pelos seus resultados; a análise realizada pelos pesquisadores qualitativos tende a ser indutiva e, por último, a importância apresentada pelos significados neste tipo de abordagem.

Além disso, nosso estudo apresenta um viés descritivo, onde buscamos apresentar as peculiaridades e características de cada texto de DC selecionado para a análise. Segundo Gil (2002), este estudo consiste em descrever características de um determinado grupo ou fenômeno, que dentre outras técnicas padronizadas, utiliza-se da coleta de dados e da observação sistemática.

Esta dissertação também está ancorada em um estudo baseado na análise documental, que pode ser entendida como uma pesquisa cujo objeto de análise é o documento. Estes documentos representam fontes informativas do conteúdo que auxiliam a esclarecer determinada questão. Eles são constituídos de fontes primárias que não passaram por procedimentos científicos como gravações, jornais, revistas e outros itens de divulgação e representam uma fonte rica e confiável de informações. Ao analisar um documento, o pesquisador visa retirar dados importantes a partir de técnicas e procedimentos para organizá-los em categorias e sintetizá-los (SÁ-SILVA; ALMEIDA; GUINDANI, 2009).

3. 2- Coleta de dados

A coleta de dados envolveu a seleção de duas coleções de livros didáticos de Biologia do Ensino Médio: *Biologia*, do César, Sezar e Caldini e *Biologia: Unidade e diversidade*, do José Arnaldo Favaretto. A escolha destes livros é justificada pelo fato das coleções estarem disponíveis no acervo do Laboratório de Divulgação Científica e Ensino de Ciências (LABDEC), localizado no Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ) e pela suas respectivas aprovações no PNLD de 2018 (que representa o programa mais recente de LD voltado para o Ensino Médio). Além disso, as duas coleções estão disponíveis no Guia do Livro Didático de 2018, o qual informa diversos aspectos destes materiais de forma crítica (BRASIL, 2017b).

O quadro abaixo (Quadro 1) apresenta informações gerais sobre as coleções que foram analisadas:

Quadro 1: Informações gerais sobre as coleções didáticas analisadas.

CÓDIGO	COLEÇÃO	AUTORES	VOLUME	EDITORIA	EDIÇÃO
C1	Biologia	César da Silva Júnior, Sezar Sasson e Nelson Caldini Júnior	Vol. 1	Saraiva	12ª ed, 2017
			Vol.2		
			Vol. 3		
C2	Biologia: Unidade e diversidade	José Arnaldo Favaretto	Vol. 1	FTD	1ª ed, 2016
			Vol.2		
			Vol. 3		

Fonte: Guia do PNLD de 2018 (BRASIL, 2017b).

Vale lembrar que as coleções apresentam três livros dispostos em volumes, cada um destinado à uma série do Ensino Médio. Quanto à organização do conteúdo, estes livros apresentam uma distribuição semelhante sobre as temáticas de Biologia. Nas duas coleções, o volume 1 é destinado ao 1º ano do Ensino Médio, abordando os temas origem da vida e Biologia celular. O volume 2, por sua vez, aborda a classificação dos seres vivos e os diferentes reinos e dedica-se ao 2º ano do Ensino Médio. Já o volume 3, do 3º ano do Ensino Médio, trata, principalmente, da Genética e da Evolução (Quadro 2).

A partir desta apresentação referente à organização dos conteúdos, ressalta-se também as diferenças observadas na divisão dos capítulos e unidades. A coleção C2 não intitulou suas unidades, sendo necessário apresentar cada capítulo a fim de entender se os assuntos tratados em cada seção eram semelhantes à coleção C1.

Quadro 2: Temáticas abordadas em cada volume das duas coleções didáticas.

CÓDIGO	COLEÇÃO	VOLUMES	
C1	Biologia	V.1	Unidade 1: A identidade da vida; Unidade 2: Ecologia: a vida em um nível mais amplo; Unidade 3: Biologia celular: a vida no nível microscópico; Unidade 4: A origem da vida no planeta Terra.
		V.2	Unidade 1: Classificação biológica e o estudo de alguns reinos; Unidade 2: O reino Animalia; Unidade 3: Fisiologia humana; Unidade 4: O reino Plantae.
		V.3	Unidade 1: Metabolismo celular; Unidade 2: Genética; Unidade 3: Evolução; Unidade 4: Saúde humana.
C2	Biologia: Unidade e diversidade	V.1	Unidade 1: Capítulo 1: Vida; Capítulo 2: A célula; Capítulo 3: De que somos feitos?- Substâncias que constroem a vida; Capítulo 4: De que somos feitos?- Proteínas e vitaminas Unidade 2: Capítulo 5: Compartimentos celulares. Capítulo 6: Material genético; Capítulo 7: Vida e energia; Capítulo 8: Origem da vida Unidade 3: Capítulo 9: Núcleo celular; Capítulo 10: Divisão celular; Capítulo 11: Reprodução; Capítulo 12: Desenvolvimento animal Unidade 4: Capítulo 13: Tecidos animais; Capítulo 14: Tecidos conjuntivos; Capítulo 15: Imunidade; Capítulo 16: Reagindo à estímulos.
		V.2	Unidade 1: Capítulo 1: Diversidade e classificação; Capítulo 2: Bactérias, arqueas e fungos; Capítulo 3: Algas e protozoários; Capítulo 4: Protozoários; Unidade 2: Capítulo 5: Vida e diversidade animal- Invertebrados I ; Capítulo 6: Vida e diversidade animal- Invertebrados II; Capítulo 7: Vida e diversidade animal- Cordados; Capítulo 8: Helminthíases; Unidade 3: Capítulo 9: Homeostase- Digestão e respiração; Capítulo 10: Homeostase- Circulação, excreção e equilíbrio hídrico; Capítulo 11: Homeostase- Integração e coordenação; Capítulo 12: Sistema genital; Unidade 4: Capítulo 13: O mundo vegetal; Capítulo 14: A estrutura das plantas; Capítulo 15: Fisiologia vegetal; Capítulo 16: Hormônios e movimentos.
			Unidade 1: Capítulo 1: Seres vivos; Capítulo 2: Comunidades; Capítulo 3: Populações; Capítulo 4:

		V.3	Biodiversidade; Unidade 2: Capítulo 5: Biosfera e ação humana- grandes paisagens naturais; Capítulo 6: Biosfera e ação humana- atmosfera; Capítulo 7: Biosfera e ação humana- hidrosfera; Capítulo 8: Biosfera e ação humana- Solo e resíduos sólidos; Unidade 3: Capítulo 9: Bases da hereditariedade- Como atuam os genes; Capítulo 10: Bases da hereditariedade- Herança de um par de alelos; Capítulo 11: Mendel e variações- Alelos múltiplos e grupos sanguíneos; Capítulo 12: Mendel e variações- Herança de dois ou mais pares de alelo; Unidade 4: Capítulo 13: Mendel e variações- Do mapeamento cromossômico à genômica; Capítulo 14: Mendel e variações- Sexo e herança; Capítulo 15: Variabilidade e adaptação; Capítulo 16: Evolução.
--	--	-----	--

Fonte: *Biologia*, editora Saraiva, 12ª ed, 2017/ *Biologia: Unidade e diversidade*, editora FTD, 1ª ed, 2016.

3.3 - Seleção dos textos

Devido ao fato da Genética ser considerada uma disciplina interdisciplinar por abordar questões éticas, morais, sociais e econômicas (MOURA *et al.*, 2013) analisamos, minuciosamente, os três volumes de cada coleção dos LDs de forma integral e completa com a finalidade de buscar textos que abordassem esta temática ou que estivessem relacionados a ela em qualquer capítulo e unidade.

Durante a nossa leitura e busca pelos textos, optamos por restringir a análise para os textos cujas referências oferecidas eram de cunho jornalístico, sendo retiradas das mídias digitais (portais da internet como blogs e noticiários ou de instituições de pesquisa científica) e impressas (jornais e revistas). Esta opção foi feita devido ao curto tempo destinado à pesquisa e pelo fato de que as demais referências, em alguns casos, possuem acesso restrito ou não são facilmente encontradas em meios digitais e impressos. Portanto, fontes retiradas de livros e artigos científicos não foram consideradas para a análise.

Vale a pena lembrar que os textos cujas fontes originais ou endereços eletrônicos não foram fornecidos pelos autores dos livros também foram descartadas de nossa análise. Além disso, os textos com referências que não estavam disponíveis nos sites oferecidos pelo LD (ou que não foram encontradas através da busca dos títulos) não

puderam ser avaliados e deste modo, foram excluídas de nossa investigação. Ressaltamos ainda, que os textos retirados de questões de vestibular também não foram analisados por fugir dos padrões propostos nesta pesquisa, já que podem representar questões adaptadas de diversas fontes (como os livros e artigos), que não são o foco desta pesquisa.

Neste sentido, através de nossas buscas, totalizamos 24 textos didáticos, sendo 07 pertencentes à coleção ‘ Biologia’ (C1) e 17 da coleção ‘Biologia: Unidade e diversidade’ (C2) (Quadro 3).

Quadro 3: Textos didáticos selecionados para análise e suas respectivas fontes.

CÓDIGO	COLEÇÃO/ VOLUME	TÍTULO	SEÇÃO RETIRADA	FONTE
T1	C1 V1	Sem título	Leitura: deu na mídia	Site ‘Veja’
T2	C1 V1	Sem título	Diálogos: produção e fruição de artes	Site ‘G1’
T3	C1 V3	Rosalind Franklin	Introdução do capítulo	Folha de S.Paulo
T4	C1 V3	Uma esperança contra a distrofia muscular	Leitura: deu na mídia	Revista USP
T5	C1 V3	Transfusões sanguíneas: um pequeno histórico	Introdução do capítulo	Fundação Pró-Sangue
T6	C1 V3	Cientistas tentam desenvolver espermatozóides femininos	Leitura: Biologia e tecnologia	Site ‘O Globo’
T7	C1 V3	A polêmica do arroz dourado	Leitura: deu na mídia	Folha de S. Paulo
T8	C2 V1	Veneno de vespa brasileira mata células de câncer sem atingir células saudáveis	A notícia	Superinteressante
T9	C2 V1	Tratamento pioneiro de células-tronco para silicose pulmonar é eficaz	A notícia	Site ‘Veja’
T10	C2 V1	Trio que descobriu mecanismos de reparo do DNA leva Nobel de Química	A notícia	Site ‘G1’
T11	C2V1	Especialistas descartam clonagem para salvar espécies ameaçadas	A notícia	Carta Capital
T12	C2 V1	Como funciona a quimioterapia?	A notícia	Superinteressante
T13	C2 V1	Prevenção e fatores de risco	Conexões	Inca
T14	C2 V1	Japoneses criam espermatozoides a partir de células-tronco embrionárias	A notícia	Folha de S. Paulo
T15	C2 V1	Pesquisadores japoneses criam óvulos em laboratório	A notícia	Folha de S. Paulo

CÓDIGO	COLEÇÃO/ VOLUME	TÍTULO	SEÇÃO RETIRADA	FONTE
T16	C2 V1	Pela primeira vez, cientistas transformam célula adulta em célula-tronco embrionária	A notícia	Site ‘Veja’
T17	C2 V1	Nobel de Medicina premia cientistas por trabalho com células-tronco	Conexões	Época
T18	C2 V1	Células-tronco: O tempo é o senhor da razão	Conexões	Folha de S. Paulo
T19	C2 V1	Mudar o estilo de vida pode reverter envelhecimento celular	Texto e contexto	Site ‘Veja’
T20	C2 V3	Malabarismos mendelianos	A notícia	Folha de S. Paulo
T21	C2 V3	Estudo identifica fatores genéticos que determinam a altura das pessoas	A notícia	Site ‘G1’
T22	C2 V3	Angelina Jolie	A notícia	Folha de S. Paulo
T23	C2 V3	Sem título	Conexões	National Genome Research Institute
T24	C2 V3	Quando as moscas-das-frutas ficam doentes	A notícia	NC State University News

Fonte: Os autores, 2018.

3. 4- Análise de dados

Para este trabalho nos apropriamos da Análise de Conteúdo (AC). Esta metodologia utiliza-se da análise de mensagens presentes em diversas formas de comunicação inclusive de materiais como textos escritos, seja por meio de artigos produzidos em pesquisas, matérias presentes em jornais e outras fontes ou através de transcrições de entrevistas (CAREGNATO; MUTTI, 2006). Mediante esta técnica, Bardin (1977) se destaca como uma referência para a compreensão dos conceitos e procedimentos da AC.

3.4.1 - Análise de Conteúdo

De acordo com Bardin (1977), na década de 1940, a AC passa a ser conceituada como uma técnica que visa a sistematização objetiva do conteúdo presente nas comunicações. Em outras palavras, a mesma adota diversos procedimentos e regras que garantem mais rigor e objetividade para a pesquisa, buscando mais exatidão sobre os resultados obtidos. Porém, é a partir da década de 1960 que a AC se expande para outras

áreas além da ciência política, psicologia e sociologia, como a linguística, a história e a psicanálise.

Pode-se definir a AC, segundo Bardin (1977, p.42), como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.

Ou seja, entende-se por esta definição que a presença de procedimentos sistêmicos e objetivos são elementos fundamentais para a avaliação da mensagem e para a obtenção de inferências. Bardin (1977) também afirma que a finalidade da AC é realizar inferências sobre o conteúdo das mensagens. Estas inferências são deduções lógicas que permitem conduzir a análise à origem daquela mensagem, e às possíveis consequências que ela pode provocar (BARDIN, 1977; CAREGNATO; MUTTI, 2006).

Conforme afirmado por Bardin (1977) esta técnica visa ultrapassar incertezas e a insegurança referentes à pesquisa e busca proporcionar o enriquecimento da leitura, tornando-a mais produtiva e pertinente. Esta análise metodológica ainda é capaz de desempenhar duas grandes funções, a heurística, que “enriquece a tentativa exploratória” e “aumenta a propensão à descoberta”, e a função de administração de prova, que consiste na formulação de hipóteses para direcionar e verificar se a análise está correta ou não (BARDIN, 1977, p.30; SANTOS, 2012).

A AC é considerada um campo de análise muito amplo, uma vez que abrange a análise das comunicações, seja por meio de textos ou falas. Por esta razão, diversas técnicas são conhecidas atualmente, como: análise categorial ou temática, análise da enunciação, da avaliação, do discurso, da expressão, das relações, entre outras. A utilização das mesmas dependerá do aspecto teórico a ser utilizado por cada autor (BARDIN, 1977; CAVALCANTE; CALIXTO; PINHEIRO, 2014).

Nesta dissertação, nosso enfoque será sobre a técnica da análise categorial, que corresponde a uma das técnicas mais antigas e utilizadas da AC e se baseia no desmembramento de um texto segundo categorias ou unidades. Para a organização desta análise, é necessário identificar o que os conteúdos analisados possuem em comum, o que posteriormente permite o agrupamento em categorias. Para isso, o conteúdo do texto passa por três etapas: a pré-análise, a exploração do material e a fase dos resultados, inferências e interpretação final (BARDIN, 1997; CÂMARA, 2013;

CAREGNATO; MUTTI, 2006; CAVALCANTE; CALIXTO; PINHEIRO, 2014; SANTOS, 2012).

A primeira etapa, a pré-análise, consiste na escolha do texto e no levantamento de hipóteses a fim de organizar o conteúdo para a análise futura. Nesta etapa é realizada, conforme definido por Bardin (1977), uma ‘leitura flutuante’ do texto, onde se estabelece o primeiro contato com o tema, observando a relevância e a representação daquele conteúdo. Esta leitura torna-se cada vez mais precisa à medida que o analista se apropria da mensagem. Em seguida, é feita a escolha do texto, que deve corresponder aos objetivos da análise com a finalidade de fornecer informações necessárias para a solução da questão levantada. Ela também deve atender a um conjunto de regras previamente definidas: regra da exaustividade, onde se devem explorar todos os elementos presentes na mensagem; representatividade, que deve representar a amostra de forma completa; a homogeneidade, a qual deve obedecer a características específicas; e a pertinência, onde o texto/conteúdo selecionado deve ser pertinente ao objetivo da análise (BARDIN, 1977).

Após a escolha do documento, as hipóteses e os objetivos são formulados e auxiliam no direcionamento da análise. Na pré-análise, há ainda a elaboração dos índices, que fornecem indícios do conteúdo, ou seja, podem ser “a menção explícita de um tema numa mensagem”, e dos indicadores (que são elementos que asseguram os índices estabelecidos), ambos responsáveis por fundamentar a interpretação do texto. Bardin (1977, p.100) ainda afirma que é nesta primeira etapa que algumas ações são determinadas, como o “recorte do texto em unidades comparáveis de categorização para análise temática” e a “modalidade de codificação para o registro dos dados” (BARDIN, 1977, p.100; CÂMARA, 2013 CAREGNATO; MUTTI, 2006).

A segunda etapa consiste na exploração do material, que abrange a organização e a transformação sistemática dos dados brutos, conhecida como codificação. Esta codificação consiste no tratamento do material de forma ordenada e a sua agregação em unidades de codificação, que, por sua vez, fornecem uma apresentação definida das características do texto (BARDIN, 1977).

Já a última etapa corresponde à obtenção de resultados do processo de codificação. Em seguida, o analista poderá realizar deduções lógicas e assim, chegar à uma interpretação final destes resultados. Tal interpretação também poderá orientá-lo em uma nova análise ou poderá servir para “fins teóricos e pragmáticos” (BARDIN,

1977, p.102). Conforme apresentado, tais conceitos, técnicas e métodos de organização da análise de conteúdo foram aplicados e tidos como referência para esta pesquisa.

3.4.2- Categorização dos textos

Para esta segunda análise, ambos os textos (texto presente no LD e o texto original) foram analisados com base em três categorias pré-existent: (i) reelaboração discursiva; (ii) a natureza da ciência; e (iii) a linguagem.

3.4.2.1- A reelaboração discursiva

A reelaboração discursiva é entendida como uma adaptação textual do discurso da DC para outro contexto em que seja necessária uma mudança referente à sua produção, à linguagem ou ao destinatário. Neste sentido, chamamos a atenção para a importância deste processo de reelaboração discursiva para o contexto escolar, onde tal adaptação é fundamental para facilitar a compreensão dos jovens acerca do conteúdo apresentado (MARTINS; CASSAB; ROCHA, 2001; SOUZA; ROCHA, 2014).

De forma semelhante a algumas pesquisas (MARTINS; CASSAB; ROCHA, 2001; NASCIMENTO, 2005; PASSERI; AIRES; ROCHA, 2017; SOUZA; ROCHA, 2014), também buscamos comparar os textos encontrados nos LDs com as suas fontes originais segundo os parâmetros de Gomes (1995), analisando, então, os acréscimos, exclusões, substituições e reordenações de informações.

Por fim, tendo como base as reelaborações discursivas, esta categoria também considerou o grau de hibridez dos textos didáticos, definidor por Souza (2017). Durante a pesquisa deste autor, foi definido que os textos didáticos apresentavam um caráter ‘híbrido’, pois estes eram “produzidos a partir da superposição de elementos provenientes das duas esferas discursivas” (SOUZA, 2017, p.180). Em outras palavras, o texto híbrido do LD era basicamente constituído pelos traços de didaticidade e laicidade. O autor ainda distinguiu três diferentes níveis de hibridez dos textos que serão analisados nesta categoria: os textos híbridos (que passaram por um grande processo de reelaboração discursiva, sendo poucos semelhantes com suas fontes originais), textos semi-híbridos (que durante a reelaboração, sofreram grandes exclusões de informações e poucos acréscimos, reordenações e substituições) e os textos editados (que

correspondem aos textos que apenas sofreram exclusões de informações, sem haver a intervenção dos autores do LD no conteúdo).

3.4.2.2 - A Natureza da Ciência

Entende-se por Natureza da Ciência como um elemento importante capaz de auxiliar na construção da cidadania de jovens a partir da participação dos mesmos em debates científicos e tecnológicos. Desta forma, a Natureza da Ciência colabora para “uma rica descrição da ciência, como esta trabalha, como os cientistas atuam enquanto grupo social e como a sociedade se comporta frente à atividade científica” (SOUZA, 2017, p.98).

Porém, segundo Gil-Pérez *et al.* (2001, p.126), alguns elementos contribuem para as visões distorcidas da ciência, como concepções ateóricas, visões rígidas e infalíveis, visões aproblemáticas e dogmáticas, unicamente analíticas, de crescimento linear e acumulativa, visões elitistas e individualistas e uma imagem de ciência socialmente neutra. De acordo com estes autores, isto se deve a uma redução do ensino científico à “apresentação de conhecimentos previamente elaborados, sem dar oportunidade aos estudantes de contactarem e explorarem atividades na perspectiva de um ensino do tipo investigativo”.

Praia, Gil-Pérez e Vilches (2007) afirmam que o ensino de ciências tem transmitido visões distorcidas sobre a ciência que se afastam da forma como o conhecimento científico é produzido, o que representa um crescente obstáculo para os alunos durante o processo de aprendizagem. Em outras palavras, ao retirar determinado dado referente a um pesquisador ou ao processo de pesquisa, o autor/editor da informação reforça tal distorção da ciência. Souza (2017) corrobora com a afirmação acima, pois há poucos debates referentes à Natureza da Ciência presente nos textos de DC, especialmente no que tange o ensino de ciências.

Em relação à nossa análise, organizamos os textos em: (i) textos que retratavam a não neutralidade da ciência e (ii), textos que apresentavam visões distorcidas da ciência. De acordo com a primeira subcategoria, optou-se por adotar os parâmetros definidos por Briccia e Carvalho (2011) para nortear e classificar os textos de acordo com a apresentação da ciência: ciência vista como atividade humana, caráter provisório do conhecimento científico e visão histórica e problemática da ciência. Estas classificações retratam a ciência de forma não neutra, ou seja, como fruto da atividade

humana e inserida em debates. Já a nossa segunda subcategoria, adotou-se três visões distorcidas da ciência que foram classificadas por Gil-Pérez, *et al.*, (2001) e já foram citadas anteriormente: visões aproblemáticas e ahistóricas, visões exclusivamente analíticas e visões individualistas e elitistas. Nesta subcategoria, englobamos os textos que retiraram totalmente os processos de construção do conhecimento científico de uma fonte para a outra (do texto original para o texto didático) ou que não os apresentaram em ambas as fontes.

3.4.2.3 - A linguagem

Em relação à caracterização da linguagem no discurso da DC, alguns aspectos são levados em consideração, entre eles, a utilização de figuras de linguagem, termos explicativos e a presença de possíveis erros conceituais nos textos. Diversos autores têm se utilizado destes elementos em suas análises referentes aos textos de DC (GOLDBACH; EL-HANI, 2008; KEMPER; ZIMMERMANN; GASTAL, 2010; MARTINS; CASSAB; ROCHA, 2001; SOUZA; ROCHA, 2014, 2015, 2017a).

Em relação à utilização de metáforas, Goldbach e El-Hani (2008, p.165) afirmam a importância de sua utilização, uma vez que elas “são frequentemente usadas na construção do conhecimento e na comunicação em ciência. Elas também são muito usadas no conhecimento escolar, como tem sido reconhecido há muito tempo pela pesquisa em educação científica”. Esta figura de linguagem ainda auxilia na compreensão de conceitos e fornece uma melhor explicação sobre os conceitos científicos (SOUZA; ROCHA, 2014). Já as analogias, de acordo com Kemper, Zimmermann e Gastal (2010, p.38) são entendidas como um tipo de relação de equivalência, semelhança entre dois termos, o que difere das metáforas, que estabelece uma comparação com uma palavra que se encontra “em sentido diferente do próprio”.

A presença de erros conceituais consiste na forma equivocada na qual os conceitos da ciência são apresentados. Durante suas análises, Souza e Rocha (2017a) perceberam que tais erros eram frequentes nas fontes originais, demonstrando a falta de cuidado na transmissão do conhecimento científico. Porém, ao ser transmitido no LD, estes ‘equivocos’ eram suprimidos. Estes autores, portanto, afirmam que os professores devem analisar tais textos antes de os utilizarem em suas atividades, podendo estimular uma leitura crítica dos jovens (SOUZA; ROCHA, 2017a).

Ainda neste item, para aracterizar a linguagem nos diferentes discursos da DC, adotamos alguns autores (FERREIRA; QUEIROZ, 2012b; SOUZA, 2017; SOUZA; ROCHA, 2017a; 2017b; ZAMBONI, 1997) que afirmam que a partir dos diferentes traços linguísticos, os diferentes discursos da DC podem apresentar elementos de didaticidade, laicidade e cientificidade. Deste modo, Ferreira e Queiroz (2012b) definem estes traços ao afirmarem que a cientificidade é encontrada no discurso científico, onde se apresentam a prática científica, os pontos positivos e negativos desta prática, além de fornecer também, informações sobre os cientistas destes processos. Por outro lado, a didaticidade está presente no discurso didático e utiliza-se principalmente de termos explicativos e instruções. Já a laicidade, se destaca por apresentar aspectos do discurso cotidiano, que abrangem diversas formas de contextualização (FERREIRA; QUEIROZ, 2012b; SOUZA, 2017).

Portanto, com base nas descrições apresentadas e na importância destes recursos linguísticos, buscamos analisar nesta categoria a presença de erros conceituais, termos explicativos, metáforas e analogias, além dos traços do discurso presentes nos textos didáticos, que foram definidos por Zamboni (1997): traços de didaticidade, laicidade e cientificidade.

Capítulo 4- Resultados e discussão

Neste capítulo, apresentamos os resultados e discussões a respeito das análises realizadas nos textos. Para isso, consideramos necessário realizar um breve mapeamento referente às principais fontes utilizadas pelas coleções, assim como os assuntos da Genética que receberam destaque.

Em relação às fontes originais, foram totalizadas 12 referências diferentes. Percebe-se que a *Folha de S. Paulo* foi a fonte de pesquisa mais utilizada, totalizando sete textos. Sua quantidade deve-se, possivelmente, pelo fato da mesma representar uma fonte confiável, renomada e de acesso rápido. Outras fontes que apareceram em seguida foram a revista *Veja*, além do site de noticiários *G1*. Vale a pena lembrar que estas três fontes foram exploradas por ambas as coleções. Porém, podemos observar que cada coleção explorou unicamente determinadas fontes. A primeira coleção (C1) apresentou a *Revista USP*, *Fundação Pró-Sangue* e o site *O globo*. Já C2 explorou outras quatro referências, como o site *Carta Capital*, *Inca*, as revistas *Superinteressante* e *Época*, além de duas referências que precisaram ser traduzidas que foram retiradas do *National Genome Research Institute* e de um noticiário da *NC State University*. No quadro abaixo (Quadro 4) podemos observar a organização destas fontes de acordo com a sua frequência.

Quadro 4: Distribuição das fontes originais em cada coleção didática.

FONTE	COLEÇÃO 1 (C1)	COLEÇÃO 2 (C2)	NÚMERO TOTAL DE TEXTOS ORIGINAIS
Folha de S. Paulo	02	05	07
Revista ‘Veja’	01	03	04
Site ‘G1’	01	02	03
Revista Superinteressante	-	02	02
Inca	-	01	01
Revista USP	01	-	01
Fundação Pró-Sangue	01	-	01
Site ‘O Globo’	01	-	01
Revista ‘Época’	-	01	01
Carta Capital	-	01	01
National Genome Research Institute	-	01	01
NC State University News	-	01	01

Fonte: Os autores, 2018.

Em relação aos assuntos abordados sobre Genética, observamos que a maioria era referente à manipulação genética, seguidos de assunto vinculados aos genes/alterações genéticas e sobre o próprio DNA (histórico e relações de estudos com o assunto). Ressaltamos que estas temáticas foram encontradas em ambas as coleções e que outros temas foram encontrados de maneira expressiva, como ‘células-tronco’ e ‘câncer’.

Chamamos atenção para os assuntos pouco explorados, como leis de Mendel e o sistema ABO (relacionado ao estudo de alelos múltiplos) que apareceram apenas uma vez. Notamos também que não apareceram em nossa análise textos abordando a divisão celular (Quadro 5). Isto possivelmente ocorreu pelo fato de que temas ligados à manipulação genética, genes/alterações genéticas e DNA têm sido mais destacados na atualidade e nas mídias. A hipótese para a sua presença nos LDs seria de aproximar o aluno leitor destas ‘novidades’ e assuntos cotidianos, assim como conteúdos relacionados à células-tronco e câncer. Relacionando estes temas com os principais assuntos de Biologia Celular encontrados por Monerat e Rocha (2017) durante uma análise de quatro revistas de DC, percebeu-se que o tema ‘câncer’ também ganhou destaque nestes meios de divulgação, juntamente com temas voltados à microbiologia/imunologia, biotecnologia e sobre o material genético.

Quadro 5: Principais assuntos de genética encontrados nos textos didáticos.

ASSUNTO	COLEÇÃO 1 (C1)	COLEÇÃO 2 (C2)	NÚMERO TOTAL DE TEXTOS DIDÁTICOS
MANIPULAÇÃO GENÉTICA	02	03	05
GENES/ALTERAÇÃO GENÉTICA	02	03	05
DNA/ HEREDITARIEDADE	02	02	04
CÉLULAS-TRONCO	-	04	04
CÂNCER	-	03	03
LEIS DE MENDEL	-	01	01
VARIABILIDADE GENÉTICA	-	01	01
SISTEMA ABO	01	-	01

4.1- Análise dos textos

Nesta seção, analisamos os 24 textos selecionados das duas coleções de acordo com as categorias anteriormente elencadas: Reelaboração discursiva, Natureza da Ciência e linguagem.

4.1.1 - Reelaboração discursiva

Ao longo da análise dos 24 textos, pudemos perceber a presença de diversos elementos da reelaboração discursiva. As eliminações foram encontradas em todos os textos analisados e possivelmente foram realizadas numa tentativa do autor sintetizar a informação presente no texto original. Em relação aos acréscimos e substituições, infere-se que os mesmos foram realizados a fim de tornar a linguagem mais compreensível para o leitor. Por fim, as reordenações buscaram reorganizar o conteúdo presente na fonte original para o LD (Quadro 6).

Quadro 6: Presença de elementos da reelaboração discursiva por texto didático.

ELEMENTOS ANALISADOS	TEXTOS	Nº TOTAL DE TEXTOS
Eliminações	T1 à T24	24
Substituições	T1; T3; T4; T5; T7; T11; T13; T23; T24	09
Acréscimos	T2; T7; T8; T9; T10; T13; T16; T23; T24	09
Reordenações	T13 e T24	02

Em T1, o autor do LD realizou duas exclusões que foram sinalizadas pelo uso das reticências (Quadro 7). No primeiro parágrafo, o autor eliminou um fragmento que informava o local de publicação dos dados, além de excluir um parágrafo inteiro de informação. Já a segunda eliminação sinalizada representa a fala da pesquisadora citada (Cecília Giulivi).

Quadro 7: Eliminações (em itálico) de informações presente no texto 1.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
1º P: “...no funcionamento de um único gene causa alterações cerebrais que podem levar ao comportamento típico dos indivíduos com autismo. <i>O estudo, publicado na revista PLoS ONE, oferece uma nova possibilidade de tratamento para a condição.</i> 2º P: <i>AUTISMO</i> <i>Distúrbio que afeta a capacidade de comunicação e de estabelecer relações sociais. O autista comporta-se de maneira compulsiva e ritual. O distúrbio, que pode afetar o desenvolvimento normal da inteligência, atinge cinco em cada 10.000 crianças e é de duas a quatro vezes mais frequente no sexo masculino.</i> 8º P: Segundo os pesquisadores essa descoberta pode levar ao desenvolvimento de novos tratamentos para o autismo. <i>“A partir do momento em que entendemos o mecanismo, isso abre caminho para</i>	1º P: “... no funcionamento de um único gene causa alterações cerebrais que podem levar ao comportamento típico dos indivíduos com autismo. [...]” 7º P: Segundo os pesquisadores essa descoberta pode levar ao desenvolvimento de novos tratamentos para

<i>desenvolver novas drogas para tratar a condição”, afirma Cecilia Giulivi.</i>	o autismo. [...]
--	------------------

Acredita-se que tais exclusões tenham sido realizadas pelo fato do texto didático se preocupar em selecionar as informações e abordar apenas o que julgou ser necessário para o contexto do LD. Passeri, Aires e Rocha (2017) também observaram eliminações de dados durante a reelaboração discursiva de um texto que abordava a temática água. Assim como tais autores, observamos que estas eliminações podem representar possíveis problemas para o entendimento acerca da Natureza da Ciência, ou seja, para que a ciência seja vista de acordo com os métodos de construção do conhecimento científico, já que este fato foi observado no texto didático de análise, onde as informações sobre os pesquisadores e as questões intrínsecas à pesquisa foram excluídas. Tal retirada também implica na possível busca de um leitor curioso pela pesquisa original, publicada na revista em questão (PLOS ONE). A ausência desta informação impossibilita o aprofundamento da leitura sobre o tema do texto (autismo).

Ainda em T1, foi observado a substituição do título original “*Estudo mostra como alterações genéticas podem levar ao autismo*” para “*Autismo e suas causas biológicas*” no texto didático. Pode-se dizer que esta alteração tornou tal título didático muito amplo e menos atrativo ao leitor quando comparado com o original, uma vez que não especifica quais seriam as causas biológicas e a sua relação com o autismo. Alguns autores também perceberam durante suas análises que o título original era substituído por outro no texto didático (MARTINS; CASSAB; ROCHA, 2001; SOUZA; ROCHA, 2014).

Já T2, diferente de T1, acrescentou um parágrafo antes de reproduzir o texto encontrado na referência de origem. Neste acréscimo, o autor do livro realizou uma breve introdução do assunto que será abordado, o qual era referente às ciências e às artes (quadro 8). Acredita-se que isto tenha sido feito pelo fato deste tema ligado à arte “fugir” dos aspectos científicos e tecnológicos retratado no material didático, necessitando de uma breve explicação por parte do autor. Podemos observar ainda, que, neste parágrafo, o autor utilizou-se de uma proposta de pesquisa que está relacionada com a apresentação do texto, a fim de que o aluno possa pesquisar outras formas de artes realizadas em moléculas biológicas. Neste caso, pode-se dizer que há uma preocupação por parte do autor em instigar a curiosidade e estimular o senso de pesquisa do aluno, levando-o à busca de informações.

O acréscimo de informação também pôde ser notado por Martins, Cassab e Rocha (2001) durante a reelaboração de um texto de ecologia. Este acréscimo correspondia a informações sobre as formigas saúvas. De acordo com estes autores, a inserção de dados no texto didático oferece e auxilia na compreensão da leitura, assim como pudemos observar no nosso texto de análise.

Quadro 8: Acréscimo (em negrito) realizado pelo autor do LD.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
1ºP: “O quadro de Christian e Marla pode não ter a cara deles, mas é o retrato mais fiel que os dois poderiam ter. A peça, que em breve vai decorar a parede da sala do casal, é a reprodução do DNA, o código genético de cada um. “É uma arte personalizada para gente, com a nossa informação. Ninguém tem igual”, diz Christian Malheiro Dinesen.”	1ºP: “Temas biológicos muitas vezes exerceram um grande fascínio em artistas plásticos. A pesquisa que vocês poderão realizar, neste momento, é bastante livre. Trata-se de descobrir casos em que artistas utilizaram moléculas biológicas, como proteínas ou DNA, como fonte de inspiração para a produção de pinturas ou esculturas. Veja o texto abaixo, que fornece um exemplo destes. 2º P: “O quadro de Christian e Marla...”

Ainda em relação a T2, vale a pena lembrar que o texto didático não apresentou titulação (o que representou uma eliminação), diferentemente do texto original cujo título é “*Laboratório de células tronco da UFRJ cria obras de arte com DNA*”. Possivelmente a ausência de título no texto didático deve-se ao fato do autor apresentar uma breve introdução (que pode ser observada no quadro 8) do assunto a ser abordado, de forma que o mesmo possa conduzir a leitura do aluno.

O texto 3, que abordou a vida e o histórico de Rosalind Franklin realizou seis eliminações, sendo apenas três sinalizadas pelas reticências. Tais eliminações eram referentes à vida da pesquisadora (de momentos da sua vida profissional até o momento em que a mesma foi diagnosticada com câncer no ovário), suas características, além de opiniões e referências de um livro sobre Rosalind (Quadro 9). Neste caso, acredita-se que estas eliminações não alteraram a ideia central do texto, que buscou retratar que a pesquisadora teve o seu papel minimizado na ciência e que suas contribuições na descoberta da dupla hélice do DNA não foram expostas. Não foram observados acréscimos ou reordenações de informação neste texto em relação à sua fonte original.

Quadro 9: Eliminação não sinalizada (itálico) referente a opinião de um pesquisador sobre Rosalind Franklin.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
10º P: “... Há quem diga que ela teve a intuição errada, ou que não ousou o suficiente para chegar à estrutura atualmente aceita. <i>Watson, por exemplo, afirma que ela não soube interpretar seus próprios dados. O historiador da ciência Robert Olby defende que ela foi cuidadosa e evitou tirar conclusões apressadas.</i> Outros afirmam que ela chegou muito mais perto do que se imagina da estrutura do DNA. O que se sabe é que Franklin obteve imagens de DNA de excelente qualidade em 1952, em especial a de número 51.	4º P: “... Há quem diga que ela teve a intuição errada, ou que não ousou o suficiente para chegar à estrutura atualmente aceita. Outros afirmam que ela chegou muito mais perto do que se imagina da estrutura do DNA. O que se sabe é que Franklin obteve imagens de DNA de excelente qualidade em 1952, em especial a de número 51.

Em T3, podemos destacar a diferença encontrada nos títulos, onde na fonte original, o texto era intitulado *Rosalind Franklin: Dama sombria* e no texto didático o título era apenas *Rosalind Franklin*. A partir desta alteração, pode-se inferir que a retirada do termo *Dama sombria* por parte do autor do livro contribuiu para suavizar o texto, uma vez que este termo passa uma ideia negativa referente à pesquisadora e, no entanto, esta imagem não é observada em ambos os textos já que a mesma não possuiu os créditos de sua contribuição para a descoberta da dupla hélice do DNA. Contudo, vale a pena lembrar que a presença de títulos fortes, como observado no texto original, apresentam um papel fundamental ao chamar a atenção do leitor e ao despertar sua curiosidade sobre o assunto por apresentar-se de forma intrigante (KEMPER; ZIMMERMANN; GASTAL, 2010).

Ainda em relação a T3, notou-se uma pequena substituição no primeiro parágrafo do texto original para o texto didático. Ao descrever um dos pesquisadores, o autor altera o termo ‘norte americano’ para ‘estadunidense’, possivelmente com o objetivo de deixar mais evidente que aquele cientista reside nos Estados Unidos. Vale lembrar que esta alteração não alterou o sentido do texto.

No caso de T4, o texto original era extenso em comparação com o texto didático. Neste sentido, foi possível observar três exclusões sinalizadas pelas reticências ao longo do texto. A primeira era referente à data de publicação da pesquisa que relaciona o gene *Jagged 1* com a distrofia (Quadro 10), o que, mais uma vez, simboliza a retirada de uma fonte de consulta para o leitor curioso, que busca informações mais detalhadas sobre a pesquisa. Além disso, essa exclusão retirou a relevância do periódico *Cell* na área da Biologia Molecular e impossibilita o conhecimento do aluno a respeito da existência de outras referências para pesquisa.

A segunda eliminação sinalizada de T4 está presente no quinto parágrafo do texto didático e consistiu em uma comparação do número e casos da distrofia muscular com a leucemia: “– *incidência quatro vezes maior que a de leucemias entre garotos de 0 a 19 anos, e só comparável à frequência de todos os cânceres infantis somados.....*”. Possivelmente este dado foi retirado por ser comparado com outra doença (leucemia) que não foi retratada com mais detalhe no texto, o que poderia tornar a informação confusa.

Já a terceira eliminação (que pode ser observada no quadro 10) consistiu em apresentar uma segunda possibilidade para o surgimento da distrofia muscular em pessoas do sexo feminino. Acredita-se que o autor do LD tenha excluído este dado possivelmente pela informação ser apresentada como algo mais difícil de se ocorrer (já que o texto retrata que seria praticamente impossível uma menina herdar o gene da distrofia) e em uma tentativa de tornar o texto mais compreensível e claro para o leitor a partir de uma abordagem que contemplasse apenas a relação da distrofia muscular com o gene *Jagged 1* de uma forma menos específica.

Quadro 10: Eliminação (itálico) realizada do texto original para o texto didático.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
2º P: “... comparáveis às que carregamos. Além disso, pela primeira vez, descobriu-se uma associação entre o gene <i>Jagged1</i> e a doença. <i>A pesquisa foi publicada online neste dia 12 de novembro pela revista científica Cell, e estará na edição impressa do dia 19. A Cell é o periódico de maior índice de impacto nas áreas de biologia molecular e bioquímica, de acordo com a medição Thomson-Reuters</i>” 7º P: “São raríssimos os casos em meninas, porque o gene da distrofina está no cromossomo X e elas precisariam herdar os dois cromossomos com defeito. Isso é praticamente impossível, já que homens com Duchenne não se tornam pais – por morte precoce ou falta condições físicas. <i>Outra possibilidade é haver uma troca de genes entre o cromossomo X e outro cromossomo, ainda no óvulo que deu origem à menina. Situações assim já foram reportadas.</i>”	2º P: “... comparáveis às que carregamos. Além disso, pela primeira vez, descobriu-se uma associação entre o gene <i>Jagged1</i> e a doença. [...]” 6º P: “São raríssimos os casos em meninas, porque o gene da distrofina está no cromossomo X e elas precisariam herdar os dois cromossomos com defeito. Isso é praticamente impossível, já que homens com Duchenne não se tornam pais – por morte precoce ou falta condições físicas. [...]”

O restante do texto original, que foi retirado da revista da USP, não foi aproveitado para o LD. O impacto desta retirada, portanto, deve-se à falta de informações de como o trabalho foi realizado em parceria com a Universidade de Harvard, os animais utilizados para este estudo da distrofia como o camundongo, peixes e em especial, o cão da raça Golden Retriever, além do detalhamento do processo do estudo do gene *Jagged 1*, que também foi eliminado do texto didático. Neste sentido, o

autor não relata as etapas da construção da pesquisa, o que novamente pode implicar em uma visão ingênua de Natureza da Ciência que está sendo repassada para os estudantes.

De acordo com Martins, Cassab e Rocha (2001) durante a análise da reelaboração de um texto de DC retirado da revista *Ciência Hoje* que abordava o fogo no Cerrado, o texto apresentado no LD sofreu uma redução no conteúdo e uma perda de número e de funções das imagens. Além disso, houve alteração da visão de Natureza da Ciência, uma vez que, no LD, este elemento foi apresentado de forma neutra e objetiva.

Por fim, T4 apresenta uma mudança na titulação entre os textos, onde o texto original é intitulado “*Ringo e Suflair mostram caminho para proteção contra distrofia muscular*”, já o texto didático apresenta o seguinte título: “*Uma esperança contra a distrofia muscular*”. Acredita-se que esta substituição tenha sido realizada com o intuito de promover a curiosidade no leitor. Lembramos que, conforme observado por Nascimento (2005), os títulos representam recursos atrativos ao leitor, podendo utilizar-se de fontes, cores e contrastes diferentes do conteúdo do texto.

O texto 5 apresentou 13 exclusões no LD, sendo 12 sinalizadas pelas reticências e uma não. Apesar de este número causar um grande impacto no texto, algumas das exclusões eram referentes a conceitos, porém a maioria consistia em pequenas eliminações de fragmentos ou palavras que não alteraram o caráter/sentido do conteúdo. Além das exclusões, T5 apresentou uma correção através da substituição da palavra ‘coagula’ por ‘aglutina’, indicando que o sangue apenas se aglomera quando em contato com outro sangue de outro indivíduo, diferindo do significado de coagular, que por sua vez, nos remete ao processo de coagulação sanguínea, no sentido de que o sangue é ‘estancado’ a partir da formação de coágulos (Quadro 11). Vale lembrar que as substituições também foram observadas por Souza e Rocha (2014), onde uma palavra era substituída por uma similar ou sinônima a ela, como no caso do trecho presente na referência original ‘disponibilidade de alimentos’ para ‘quantidade de presas’ no LD. Nascimento (2005) também notou substituição de informação no verbo ‘trabalhar’, onde no texto original era apresentado ‘trabalham’ no presente e no texto didático este mesmo verbo estava no passado: ‘trabalhavam’. Acredita-se, desta forma, que as substituições visam tornar os textos mais claros para o leitor por meio de pequenas alterações de palavras ou letras.

Quadro 11: Substituição (negrito e sublinhado) da palavra ‘coagular’ para ‘aglutinar’ no texto didático.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
“Em 1900, final do Século 19, o imulologista austríaco, Karl Landsteiner, observou que o soro do sangue de uma pessoa muitas vezes <u>coagula</u> ao ser misturado com o de outra, descobrindo o primeiro e mais importante sistema de grupo sangüíneo existente no organismo: o ABO.”	6º P: “Em 1900, final do Século 19, o imulologista austríaco, Karl Landsteiner, observou que o soro do sangue de uma pessoa muitas vezes [...] <u>aglutina</u> ao ser misturado com o de outra, descobrindo o primeiro e mais importante sistema de grupo sangüíneo existente no organismo: o ABO.[...]

O sexto texto (T6), o qual mantém a mesma titulação tanto no texto original quanto no texto didático, realizou três exclusões de informações. Estas eliminações podem ser observadas no texto a partir da presença de reticências. Primeiramente, o autor eliminou um parágrafo do texto original (Quadro 12), o que pode se configurar como um problema para o entendimento do conteúdo. Uma possível explicação para a manipulação deste dado deve-se ao fato deste parágrafo retratar uma possibilidade para um relacionamento entre casais do mesmo sexo e por esta informação ter sido vista como algo ‘polêmico’ para ser apresentado na sala de aula. Deste modo, o autor também retirou a questão de gênero e orientação sexual que precisam ser retratadas e conversadas no ambiente escolar. Além disso, a retirada deste dado representa uma perda para se trabalhar o respeito ao próximo, já que ainda é possível perceber que ainda há diversas discriminações e preconceitos em relação a estes assuntos nas escolas.

Quadro 12: Exclusão (itálico) de parágrafo para o texto original.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
2º P: “Se as experiências conseguirem atingir os seus objetivos será possível, dizem os cientistas, desenvolver óvulos graças à manipulação de células masculinas e espermatozóide a partir de células femininas. 3º P: <i>O avanço científico poderia permitir que casais de homossexuais possam ter sua descendência sem precisar de gametas do sexo oposto, ainda que o útero de uma mulher continue a ser necessário para o desenvolvimento normal da gravidez.</i>	2º P: “Se as experiências conseguirem atingir os seus objetivos será possível, dizem os cientistas, desenvolver óvulos graças à manipulação de células masculinas e espermatozóide a partir de células femininas. [...]

Em relação às outras duas exclusões, retirou-se ‘em São Paulo’, que se refere à localização do Butantan e ‘em abril do ano passado’, que diz respeito à data de publicação do noticiário publicado em 2012. Como o livro corresponde a uma versão do ano de 2017, o autor suprimiu este dado pela distância de tempo entre as datas, o que nos leva a refletir se há ou não pesquisas mais recentes e atualizadas sobre este assunto e se o mesmo preocupou-se em buscar uma possível informação mais atual.

O texto sete (T7), por outro lado, apresentou sete exclusões sinalizadas pelas reticências e apenas um acréscimo, o qual referia-se à palavra ‘*comenta*’. Acredita-se que esta inserção foi realizada a fim de evidenciar a fala do pesquisador Michael Purugganan (Quadro 13).

Quadro 13: Exclusões (itálico) de trechos e acréscimo (negrito) de palavra observado em T7.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
14º P: “<i>Paira por aí muita desinformação a respeito dos OGMs que é tomada como fato pelas pessoas</i>”, disse Michael Purugganan, professor de genômica e biologia e pró-reitor de ciências da Universidade de Nova York. “Os genes que eles inseriram para fazer a vitamina não são nenhum material manufaturado esquisito, mas sim genes encontrados também em abóboras, cenouras e melões”, escreveu ele em uma cartilha publicada pelo GMA News Online, veículo noticioso filipino. “<i>Muitas das críticas aos OGMs no mundo ocidental padecem da falta de compreensão sobre como a situação é realmente difícil nos países em desenvolvimento.</i>”	7º P: “[...] Michael Purugganan, professor de genômica e biologia e pró-reitor de ciências da Universidade de Nova York [comenta] “Os genes que eles inseriram para fazer a vitamina não são nenhum material manufaturado esquisito, mas sim genes encontrados também em abóboras, cenouras e melões”, escreveu ele em uma cartilha publicada pelo GMA News Online, veículo noticioso filipino.

As exclusões englobaram frases e parágrafos inteiros e eram referentes a questões sociais (preocupação da população com a utilização de transgênico), tecnológicas (uso da tecnologia neste processo) e econômicas (empresas e fundações que apoiam os testes com o arroz dourado, como a Fundação Bill e Melinda Gates). Além disso, foram retiradas falas de cientistas (como pode ser observado no quadro 13), dados publicados em revistas como a *Scientific American* e de artigos científicos. Apesar de em determinados momentos o autor manter informações relevantes, a retirada destes dados acima, mais uma vez, evidencia uma visão de ciência distorcida para os jovens, ou seja, o impacto destas eliminações deve-se ao fato de que estas informações expõem especificamente as questões genéticas (já que o texto retrata sobre os transgênicos) de forma interdisciplinar e a partir disto, percebemos claramente o impacto da ciência em diversas questões cotidianas (econômicas, tecnológicas e sociais). Assim, o estudante passa a ter uma ideia de ciência neutra, já que o mesmo não consegue visualizar a relação existente entre estes diversos elementos.

Quadro 14: Exclusões (itálico) de dados realizadas em T7.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
2º P: "... fonte de vitamina A. Seus desenvolvedores o chamam de "arroz dourado". 3º P: <i>"As preocupações manifestadas pelos participantes no ato de 8 de agosto --que o arroz representa riscos imprevisíveis para a saúde humana e o ambiente e que ele afinal servirá para dar lucro a grandes companhias agroquímica-- são comuns quando se discute os méritos dos produtos agrícolas geneticamente modificados."</i> 4º P: <i>"São essas preocupações que motivaram alguns americanos a reivindicar rótulos obrigatórios com a sigla "OGM" [organismo geneticamente modificado] ..."</i> 8º P: "Uma iminente decisão do governo filipino ..." 13º P: <i>"O que está em jogo, afirmam eles, não é só o futuro do arroz biofortificado, mas também os meios racionais para avaliar uma tecnologia cujo potencial para melhorar a nutrição poderá de outra forma ficar por realizar."</i>	2º P: "... fonte de vitamina A. Seus desenvolvedores o chamam de "arroz dourado". [...] 3º P: "Uma iminente decisão do governo filipino sobre permitir ou não o cultivo do arroz dourado fora dos quatro campos de teste remanescentes confere uma nova dimensão ao debate sobre os méritos dessa tecnologia."

Reforçando as eliminações encontradas em nossa análise, autores como Passeri, Aires e Rocha (2017), também notaram, em sua pesquisa, que os dados eliminados durante os textos analisados constituíam-se falas de pesquisadores e de fragmentos que poderiam ser discutidos, tornando o texto mais rico. Outros trabalhos como Souza e Rocha (2014) também observaram eliminações de pequenas expressões entre os textos, assim como eliminações que fizeram com que o texto didático reduzisse significativamente de tamanho.

Ainda em T7, podemos destacar uma substituição realizada entre os títulos. O texto original é intitulado *"Arroz dourado levanta debate sobre os transgênicos"* e o texto didático intitula-se *"A polêmica do arroz dourado"*. Embora ambos não sejam significativamente alterados, pode-se dizer que o título presente no texto original apresenta melhor a informação explicitando-a de acordo com as concepções de Natureza da Ciência ao revelar a presença de um debate sobre a temática dos transgênicos. Já o texto original, o torna mais simplificado e instigante, uma vez que o mesmo possibilita a reflexão do leitor a respeito de qual polêmica estaria 'por trás' do arroz. A presença de títulos que chamam a atenção do leitor também foi observada por Kemper, Zimmermann e Gastal (2010) durante a análise de textos de DC referentes à evolução.

O texto T8, que manteve a mesma titulação de sua fonte original, apresentou um pequeno acréscimo no terceiro parágrafo. A inserção do termo *'na Inglaterra'* foi realizada a fim de explicitar a localização de uma das universidades que auxiliou na pesquisa, a Universidade de Leeds. Vale lembrar que os acréscimos de informações

também foram notados por Souza e Rocha (2014), porém com a intenção de explicar termos pouco conhecidos no dia-a-dia dos estudantes e para tornar a leitura mais fluente.

Além disso, T8 excluiu informações sobre onde o estudo com a toxina da vespa foi publicado e a sua importância, além da continuidade da pesquisa, o que mais uma vez pode afetar na compreensão do aluno em relação ao estudo original. O quadro abaixo (Quadro 15) evidencia estas exclusões.

Quadro 15: Eliminações (itálico) realizadas em T8 em relação à sua fonte original.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
4º P: A toxina responsável chama-se Polybia-MP1, e é produzida pela vespa <i>Polybia paulista</i> – a famosa “paulistinha”.	3º P: A toxina responsável chama-se Polybia-MP1, e é produzida pela vespa <i>Polybia paulista</i> – a famosa “paulistinha”. [...]
5º P: <i>O estudo, publicado no começo do mês no periódico Biophysical Journal, descreve como o MP1 reage com moléculas de gordura que existem apenas na membrana das células cancerosas.</i>	4º P: Assim, a toxina abre furos nas células, tornando-as mais permeáveis. De acordo com João Ruggiero Neto, da Unesp, co-autor da pesquisa, esses buracos levam “apenas segundos” para se formarem, e permitem que moléculas como RNA e outras proteínas escapem da célula, inutilizando-a.
6º P: Assim, a toxina abre furos nas células, tornando-as mais permeáveis. De acordo com João Ruggiero Neto, da Unesp, co-autor da pesquisa, esses buracos levam “apenas segundos” para se formarem, e permitem que moléculas como RNA e outras proteínas escapem da célula, inutilizando-a.	5º P: Testes já demonstraram que a toxina pode inibir o crescimento de células de câncer de próstata, de bexiga e de leucemia, que se mostraram resistentes a uma série de outros tratamentos. [...]
7º P: Testes já demonstraram que a toxina pode inibir o crescimento de células de câncer de próstata, de bexiga e de leucemia, que se mostraram resistentes a uma série de outros tratamentos.	
8º P: <i>A descoberta é especialmente excitante porque pode dar início a uma classe inteiramente nova de tratamento anticâncer.</i>	
9º P: <i>Agora, os pesquisadores devem continuar investigando as propriedades do veneno para que ele finalmente possa ser utilizado para fins terapêuticos.</i>	

Em T9, que também é intitulado igualmente ao texto original, há o acréscimo da palavra ‘*aplicação*’ no terceiro parágrafo do texto, que possivelmente foi realizado com a intenção de ‘consertar’ o equívoco causado no texto original, cuja interpretação leva a crer que as células-tronco devem ser ingeridas como qualquer outro alimento. Assim, a inserção dessa palavra suaviza a expressão apresentada na fonte original a partir do emprego correto do termo. Nascimento (2005) também observou diversos acréscimos de dados durante a reelaboração de um texto sobre clonagem que tornava a informação mais clara e precisa para o leitor.

Neste nono texto notou-se que duas exclusões sinalizadas pelas reticências foram realizadas e estas continham informações importantes sobre a pesquisa e o

significado de células-tronco (Quadro 16). O T9 também eliminou os últimos três parágrafos do texto original que apresentavam falas de pesquisadores e estudos realizados pelo grupo de pesquisa. Esta retirada causa impactos na compreensão da ciência e na forma que ela é realizada. Este item será melhor detalhado na seção voltada para a análise da Natureza da Ciência.

Quadro 16: Eliminações (itálico) e acréscimo (negrito) realizadas em T9 em relação à sua fonte original.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
1º P: “... A inserção dessas células por broncoscopia consegue ainda melhorar em 5% o funcionamento das áreas do órgão que não foram afetadas pela sílica. <i>O resultado do estudo foi apresentado durante a Reunião Anual da Federação de Sociedades de Biologia Experimental (FeSBE), que terminou neste sábado em Águas de Lindóia, interior de São Paulo.</i> 2º P: CÉLULAS-TRONCO <i>Também chamadas de células-mãe, podem se transformar em qualquer um dos tipos de células do corpo humano e dar origens a outros tecidos, como ossos, nervos, músculos e sangue. Dada essa versatilidade, vêm sendo testadas na regeneração de tecidos e órgãos de pessoas doentes.</i> 3º P: “A silicose pulmonar é uma doença causada...” 4º P: “... O tratamento consiste na ingestão, via broncoscopia, de células-tronco adultas...”	1º P: “... A inserção dessas células por broncoscopia consegue ainda melhorar em 5% o funcionamento das áreas do órgão que não foram afetadas pela sílica. [...]” 2º P: “A silicose pulmonar é uma doença causada...” 3º P: “... O tratamento consiste na ingestão [aplicação], via broncoscopia, de células-tronco adultas...”

Ainda em relação a T9, vale a pena destacar que após apresentar o texto, o autor do LD realizou uma pequena explicação sobre como a sílica, causadora da silicose pulmonar, irá atuar no organismo e como o mesmo irá reagir após ela ser inalada. Acredita-se que esta complementação tenha sido feita já que o texto original não explicou o processo de fagocitose deste elemento (sílica) e o fato dela provocar o rompimento de lisossomos. Possivelmente o autor acrescenta esta informação pelo fato do texto estar presente no capítulo que aborda os compartimentos celulares (Anexo 17).

O texto T10 apresentou poucas alterações em relação a sua fonte original. Notou-se a eliminação de três subtítulos ‘controle de erros’, ‘aplicações médicas’ e ‘combate ao câncer’, que, possivelmente foram retirados com a finalidade de fornecer mais fluidez ao texto. Porém, segundo Kemper, Zimmermann e Gastal (2010), assim como os títulos, os subtítulos também representam um elemento importante e atrativo para o leitor, já que despertam a curiosidade sobre o que será retratado no conteúdo.

Além disso, foram observadas quatro pequenas exclusões, em sua maioria, referentes ao prêmio Nobel (que não comprometeram o caráter e o assunto tratado no texto) e dois pequenos acréscimos realizados a fim de evidenciar que a informação exposta pertencia aos pesquisadores Tomas Lindahl e Aziz Sancar (Quadro 17).

Quadro 17: Eliminação (itálico) e acréscimo (negrito) realizados em T10 em relação à fonte original.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
2ºP e 3ºP: <i>Paul Modrich, 68, americano, Aziz Sancar, 69, turco e Tomas Lindahl, 77, sueco, dividem os 8 milhões de coroas suecas (US\$ 963 mil) do prêmio em três partes iguais.</i> <i>Modrich trabalha na Universidade Duke, de Durham (EUA), Sancar, na Universidade da Carolina do Norte (EUA), e Lindahl, no Instituto Francis Crick, de Hertfordshire (Reino Unido).</i> 5ºP: <i>Controle de erros</i> 10º P: <i>Aplicações médicas</i> <i>Lindahl, que concedeu nesta manhã uma entrevista coletiva por telefone, se disse surpreso com o anúncio do prêmio. "Eu sabia que, ocasionalmente, em outros anos meu nome já havia sido considerado para o prêmio, mas até aí, centenas de outras pessoas também foram" afirmou. "Me sinto muito sortudo e orgulhoso."</i> <i>Na entrevista, o cientista ressaltou a importância do estudo dos mecanismos de reparos de DNA para o desenvolvimento de medicamentos.</i> 14º P: <i>Combate ao câncer</i> <i>Sancar, em entrevista para a agência de notícias Reuters, também se disse surpreso com o Nobel. "Eu fiz trabalhos significativos para merecer o prêmio, mas não o estava esperando neste ano", afirmou. "Eu nem sabia que havia sido indicado."</i> <i>O pesquisador disse acreditar que a importância dos mecanismos de reparo de DNA para pesquisas de prevenção e tratamento do câncer foram o fator primordial na decisão do Nobel em premiar sua linha de pesquisa.</i>	2ºP: [...] 5ºP: [...] 8º P: [...] [Lindahl] ressaltou a importância do estudo dos mecanismos de reparos de DNA para o desenvolvimento de medicamentos. 9ºP: [...] 10º P: O pesquisador [Sancar] disse acreditar que a importância dos mecanismos de reparo de DNA para pesquisas de prevenção e tratamento do câncer foram o fator primordial na decisão do Nobel em premiar sua linha de pesquisa.

A primeira alteração observada em T11 foi a substituição do título original “*Clonagem para salvar espécies ameaçadas?*” por “*Especialistas descartam clonagem para salvar espécies ameaçadas*” no texto didático. Acredita-se que tal mudança tenha sido feita com o intuito de garantir uma maior legitimidade e confiabilidade no conteúdo apresentado, assim como também foi observado na descrição do texto, que também foi modificada. Neste último, percebe-se que a intenção do autor foi detalhar mais o assunto que será abordado no texto (Quadro 18).

A substituição de títulos também foi observada na comparação entre um texto do LD e sua fonte de origem (a revista *Ciência Hoje das Crianças*) realizada por Galieta (2013). O texto de DC era intitulado “*Adrenalina, a mensageira das fortes emoções*”, já o texto didático, este era apresentado da seguinte forma: “*Exemplo de atuação hormonal: a adrenalina*”. Neste caso observado pela autora, pode-se dizer que o título do texto didático retira a associação estabelecida entre a adrenalina e as emoções, o que faz com que o mesmo também perca a sua atratividade, tornando-o mais didático e sem recursos linguísticos.

Quadro 18: Substituição de título e subtítulo observados em T11 em relação à sua fonte original.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
TÍTULO: Clonagem para salvar espécies ameaçadas?	TÍTULO: Especialistas descartam clonagem para salvar espécies ameaçadas
SUBTÍTULO: Conservação dos animais no seu habitat natural é prioridade, afirmam especialistas. Clones seriam usados em zoológicos	SUBTÍTULO: Prioridade deve continuar sendo a conservação dos animais no seu habitat natural, afirmam. Clonagem é indicada sobretudo para criar exemplares para zoológicos

Ainda em T11, notou-se a exclusão de três subtítulos ao longo do texto: ‘Proteger o meio ambiente’, ‘Experiências mundiais’ e ‘Projeto brasileiro’. No caso do segundo subtítulo, todos os quatro parágrafos relacionados ao mesmo não foram aproveitados para o texto didático. Eles tratavam de técnicas de clonagem já utilizadas em outros países, como os Estados Unidos, Coreia do Sul e Japão. Além disso, retratava também a primeira técnica de clonagem: a ovelha Dolly. Provavelmente esta informação foi retirada, pois o livro discute, em um espaço próprio deste mesmo capítulo, o processo de clonagem desta ovelha. No terceiro subtítulo, apenas dois parágrafos foram eliminados, onde abordava-se além de falas de pesquisadores, a complexidade do processo de clonagem e outras técnicas realizadas (Quadro 19).

Quadro 19: Eliminações (itálico) realizadas para o T11.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
13ºP: E é justamente nessa fase que se encontra a pesquisa. 14º P: <i>Por ser um processo muito complexo, ainda não há uma data exata para a primeira tentativa de clonagem. Segundo Martins, o projeto também está testando novas drogas no processo de transferência nuclear e pesquisando a clonagem interespecies entre o bisão e um bovino.</i> 15ºP: <i>"Como o bisão tem a fisiologia reprodutiva próxima a dos bovinos, estamos tentando ver se conseguimos realizar uma clonagem interespecies, clonando um bisão a partir de um ovócito e uma receptora bovinos", afirma Martins.</i>	9ºP: E é justamente nessa fase que se encontra a pesquisa.

Em T12, que é intitulado igualmente ao texto original, notou-se seis exclusões de informações. A primeira delas (não sinalizada) era referente ao resumo sobre o texto: “As diversas drogas presentes no coquetel atuam de maneiras diferentes para matar as células cancerosas ou impedir que elas se multipliquem”. As outras quatro exclusões eram sobre pequenos fragmentos do texto, (sendo duas observadas no quadro 20). A última eliminação consistia na retirada de parágrafos sobre os usos da quimioterapia e seus efeitos colaterais. Acredita-se que as exclusões tenham sido realizadas com o intuito de reduzir e sintetizar o texto, sem se aprofundar no conteúdo. Porém, algumas

destas eliminações poderiam auxiliar na compreensão de assuntos apresentados no texto, como no caso do primeiro parágrafo do quadro 19, onde a analogia feita entre os ‘*antimetabólitos*’ e ‘*espiões infiltrados*’ não foi aproveitada.

Ressalta-se que as eliminações de dados correspondem a um elemento bastante utilizado no processo de reelaboração discursiva. Miceli, Rego e Rocha (2018) notaram que dos onze textos analisados sobre o tema de recursos hídricos, todos eles sofreram algum tipo de omissão da informação em relação à sua fonte de origem.

Quadro 20: Eliminações (itálico) realizadas em T12 em relação à sua fonte original.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
7ºP: “5) Por outro flanco, os antimetabólitos atacam <i>como espiões infiltrados</i>. Eles imitam a estrutura de elementos da célula cancerosa, tomando o lugar da original. Só que eles não realizam a função da titular, sabotando a atividade celular do invasor, que é eliminado.” 8ºP: “6) <i>Há ainda diversos outros tipos de quimioterápicos, que agem em fases variadas da divisão celular ou afetam funções específicas das células cancerosas.</i> É esse ataque conjunto do coquetel de medicamentos que responde pelo sucesso da batalha, liquidando o temido tumor.”	3ºP: “... Por outro flanco, os antimetabólitos atacam [...]. Eles imitam a estrutura de elementos da célula cancerosa, tomando o lugar da original. Só que eles não realizam a função da titular, sabotando a atividade celular do invasor, que é eliminado.[...] É esse ataque conjunto do coquetel de medicamentos que responde pelo sucesso da batalha, liquidando o temido tumor. [...]”

O texto presente em T13 sofreu grandes alterações em relação à sua fonte original. Observou-se, logo no primeiro parágrafo, uma inserção de uma informação que não foi encontrada no texto original. Trata-se do conceito de fatores de proteção. Possivelmente este acréscimo foi realizado a partir de uma tentativa do autor de tornar o texto original mais explicativo. Ainda neste parágrafo é possível perceber a substituição da palavra ‘*desenvolver*’ para ‘*adquirir*’. Acredita-se que esta alteração foi corretamente aplicada pelo autor do LD, uma vez que esta segunda palavra também é um sinônimo do vocábulo ‘*contrair*’. No segundo parágrafo de T13, notou-se que o autor do LD realizou acréscimos, exclusões e uma reordenação de informação com o intuito de tornar o texto didático mais explicativo (Quadro 21). Apesar de ter sido um elemento menos frequente na nossa análise, as reordenações também foram notadas por alguns autores durante a reelaboração discursiva de textos presentes no LD (MARTINS; CASSAB; ROCHA, 2001; PASSERI; AIRES; ROCHA, 2017; SOUZA; ROCHA, 2014).

Quadro 21: Substituição (negrito e sublinhado), acréscimo (negrito), exclusão (itálico) e reordenação (itálico e sublinhado) em T13.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
1ºP: “O termo “risco” é usado para definir a chance de uma pessoa sadia, exposta a determinados fatores, ambientais ou hereditários, desenvolver uma doença. Os fatores associados ao aumento do risco de se desenvolver uma doença são chamados fatores de risco.” 2ºP: “O mesmo fator pode ser de risco para várias doenças – <i>o tabagismo e a obesidade, por exemplo</i>, são fatores de risco para diversos cânceres, além de doenças cardiovasculares e respiratórias.” 3ºP: “Vários fatores de risco podem estar envolvidos na origem de uma mesma doença. <i>Estudos mostram, por exemplo, a associação entre álcool, tabaco, e o câncer da cavidade oral</i>”	1ºP: “O termo risco é usado para definir a chance de uma pessoa sadia, exposta a determinados fatores, ambientais ou hereditários, <u>adquirir</u> uma doença. Os fatores associados ao aumento do risco de se desenvolver uma doença são chamados fatores de risco. Em contrapartida, há fatores que dão ao organismo a capacidade de se proteger contra determinada doença, daí serem chamados de fatores de proteção.” 2ºP: “Dois pontos devem ser enfatizados em relação aos fatores de risco: primeiro, que o mesmo fator pode ser de risco para várias doenças (<i>por exemplo, o tabagismo</i>, que é fator de risco para diversos cânceres e doenças cardiovasculares e respiratórias); segundo, que vários fatores de risco podem estar envolvidos na origem (gênese) de uma mesma doença (agentes causais múltiplos). O estudo dos fatores de risco, isolados ou combinados, tem permitido estabelecer relações de causa-efeito entre eles e determinados tipos de câncer.”

Um fato curioso percebido em T13 é que a partir do terceiro parágrafo do texto original, este texto passa a ser modificado da sua fonte original, ou seja, ao comparar estas informações, notou-se que o autor do LD acrescentou diversos dados que não foram encontrados na referência de origem e reordena algumas informações, conforme pode ser observado no quadro 22. Desta forma, podemos inferir que tal autor do livro utilizou-se de uma segunda fonte de consulta (não explicitada no texto didático).

Quadro 22: Acréscimo (negrito), exclusão (itálico) e reordenação (itálico e sublinhado) de informações em T13 em relação à sua fonte de origem.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
4ºP: “<i>Nas doenças crônicas, como o câncer, as primeiras manifestações podem surgir após muitos anos de uma exposição única (radiações ionizantes, por exemplo) ou contínua (no caso da radiação solar ou tabagismo) aos fatores de risco.</i> A exposição solar prolongada sem proteção adequada durante a infância pode ser uma das causas do câncer de pele no adulto.” 5ºP: “<i>Os fatores de risco podem ser encontrados no ambiente físico, herdados ou resultado de hábitos ou costumes próprios de um</i>	3ºP: “A multicausalidade é frequente na formação do câncer (carcinogênese). Pode ser exemplificada pela associação entre álcool, tabaco e residência na zona rural e o câncer de esôfago, e entre álcool, tabaco, chimarrão, churrasco e o cozimento de alimentos em fogão a lenha e o câncer da cavidade bucal. A interação entre os fatores de risco e os de proteção a que as pessoas estão submetidas pode resultar, ou não, na redução da probabilidade delas adoecerem. Nestas associações, os fatores de proteção determinados foram, respectivamente, o consumo de frutas cítricas e vegetais ricos em caroteno. 4ºP: “Nem sempre a relação entre a exposição a um ou mais fatores de risco e o desenvolvimento de uma doença é reconhecível facilmente, especialmente quando se presume que a relação se dê com

<u>determinado ambiente social e cultural.</u>” 6ºP: Os principais fatores de risco para o câncer são: • Tabagismo • Alimentação • Peso corporal • Hábitos sexuais • Fatores ocupacionais • Bebidas alcoólicas • Exposição solar • Radiações • Medicamentos	comportamentos sociais comuns (o tipo de alimentação, por exemplo). <u>Nas doenças crônicas, as primeiras manifestações podem surgir após muitos anos de exposição única (radiações por exemplo) ou contínua (no caso da radiação solar ou tabagismo) aos fatores de risco. Por isso é importante considerar o conceito de período de latência, isto é, o tempo decorrido entre a exposição ao fator de risco e o surgimento da doença.</u> 5ºP: <u>“Os fatores de risco podem ser encontrados no ambiente físico, herdados ou resultado de hábitos ou costumes próprios de um determinado ambiente social e cultural.”</u> 6ºP: “Fatores de risco de natureza ambiental: A maioria dos casos de câncer (80%) está relacionada....”
--	---

Vale a pena lembrar que as informações contidas do sexto ao décimo primeiro parágrafo do texto didático foram consideradas como acréscimos de informação, já que as mesmas não apresentavam nenhuma correspondência com o texto original. Este ocorrido difere do que foi observado por Martins, Cassab e Rocha (2001), onde os acréscimos realizados consistiam em pequenas palavras ou termos a fim de tornar a leitura mais fluente.

O décimo quarto texto (T14), que possui a mesma titulação do texto original, realizou duas exclusões sinalizadas de informação (Quadro 23). Na primeira, foi retirado o local de publicação da descoberta, o periódico *Cell* (já citado em T4 devido a sua relevância e contribuição na área das ciências). Além disso, a definição de células-tronco também foi excluída do texto didático, possivelmente pelo fato do autor supor um conhecimento prévio por parte dos estudantes. Na segunda, notou-se a eliminação do subtítulo “criação humana”, que continha cinco parágrafos referentes à pesquisa e falas de pesquisadores. Desta forma, o aluno passa a ter acesso a apenas uma parte da informação, que é selecionada segundo os critérios do autor do LD e não a todo o conteúdo disponibilizado no texto de origem, o que compromete o conhecimento científico deste jovem.

Passeri, Aires e Rocha (2017) também notaram grandes exclusões de informação entre o texto original e o encontrado no LD, desde frases à parágrafos inteiros. Os autores também destacam para a perda de informações ricas, que poderiam contribuir para uma melhor noção de questões socioeconômicas e geopolíticas a respeito da temática ‘água’.

Quadro 23: Eliminações (itálico) realizadas em T14.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
1ºP: “... A iniciativa poderia ajudar no tratamento da infertilidade humana.” 2ºP: “<i>A descoberta, divulgada na publicação científica “Cell”, marca um novo passo no uso de células-tronco na medicina regenerativa.</i>” 3º P: “<i>As células-tronco são as células-mãe do corpo e fonte de todas as células e tecidos.</i> Como podem se transformar em diferentes tipos de células, e se multiplicar, os especialistas esperam poder aproveitá-las para tratar doenças e disfunções, incluindo câncer e diabetes.”	1ºP: “... A iniciativa poderia ajudar no tratamento da infertilidade humana.” 2ºP: “[...] Como podem se transformar em diferentes tipos de células, e se multiplicar, os especialistas esperam poder aproveitá-las para tratar doenças e disfunções, incluindo câncer e diabetes.”

Assim como T14, o T15 é intitulado igualmente à sua fonte original e realizou somente exclusões de informação, uma vez que o texto didático se apropriou de apenas três parágrafos do texto de origem. As eliminações eram referentes aos dados da pesquisa, a instituição onde a mesma foi realizada, falas de pesquisadores e até sobre explicações sobre as células-tronco e células denominadas ‘iPS’, conforme pode ser observado no quadro 24.

Acredita-se que as exclusões presentes em T14 e T15 foram realizadas com o objetivo de reduzir a informação, já que ambos os textos são complementares e tratam da produção de gametas masculinos e femininos (T14 trata de espermatozoides e T15 de óvulos) a partir de células-tronco. Vale a pena ressaltar que Souza (2017) também observou durante a análise de reelaboração discursiva que a maioria dos textos analisados sofreram algum tipo de eliminação de informação, sendo grande parte deles drasticamente reduzidos e causando impactos na visão de Natureza da Ciência defendida por este autor.

Quadro 24: Eliminações (itálico) realizadas em T15.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
2º P: “... um importante passo no tratamento da infertilidade feminina.” 3º P: “<i>Em tese, há dois tipos de células-tronco que poderiam dar origem a qualquer tecido: as embrionárias e as iPS, que são células adultas “convencidas” por técnicas de laboratório a voltar a um estágio semelhante ao embrionário.</i>” 4ºP: “<i>Na prática, porém, nenhum cientista tinha conseguido dar origem a óvulos férteis a partir destes dois modelos “básicos”. Japoneses, liderados por Mitinori Saitou, da Universidade de Kyoto, deram um jeito nesse problema.</i>”...	2ºP: ... um importante passo no tratamento da infertilidade feminina.” 3ºP: Em laboratório, os cientistas usaram...”

O décimo sexto texto (T16) mantém o mesmo título e resumo do texto original e realizou três exclusões sinalizadas que estão relacionadas com dados da pesquisa (local,

nomes de pesquisadores e importância do estudo). Mais uma vez, pôde-se inferir que a retirada destes relatos sobre a descoberta realizada pelos cientistas interfere na compreensão dos jovens alunos, já que a mesma não mostra como de fato o estudo foi realizado e quem o desenvolveu, apresentando apenas seu objetivo e explicitando as técnicas desenvolvidas, conforme pode ser observado no quadro abaixo (Quadro 25).

Quadro 25: Eliminação (itálico) realizada em T16.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
1ºP: "... para o tratamento de doenças hoje incuráveis." 2ºP: <i>CONHEÇA A PESQUISA</i> 3ºP: <i>Título original: Human Somatic Cell Nuclear Transfer Using Adult Cells</i> 4ºP: <i>Onde foi divulgada: periódico Cell Stem Cell</i> 5ºP: <i>Quem fez: Young Gie Chung, Jin Hee Eum, Jeoung Eun Lee, Sung Han Shim, Vicken Sepilian, Seung Wook Hong, Yumie Lee, Nathan R. Treff, Young Ho Choi, Erin Kimbrel, Ralph E. Dittman, Robert Lanza e Dong Ryul Lee</i> 6ºP: <i>Instituição: Advanced Cell Technology, nos Estados Unidos, e outros</i> 7ºP: <i>Resultado: A partir de uma técnica de clonagem, os pesquisadores conseguiram transformar células da pele de dois homens adultos em células-tronco embrionárias.</i> 8ºP: <i>"As células-tronco embrionárias são capazes de se transformar nos diversos tipos de células que compõem um organismo. Por isso, são estudadas como uma possível cura para doenças nas quais ocorrem danos ou perda de um determinado tipo de célula, como Alzheimer, Parkinson, diabetes e esclerose múltipla."</i> 9ºP: "Essas células existem no organismo..."	1ºP: "... para o tratamento de doenças hoje incuráveis." 2ºP: "Essas células existem no organismo..." 3ºP: "Técnica- A nova pesquisa utilizou uma técnica chamada transferência nuclear..." 4ºP: "Essa abordagem foi desenvolvida por pesquisadores da Universidade de Oregon, nos Estados Unidos..."

Além destas exclusões, T16 fez um pequeno acréscimo de data, que possivelmente foi realizado a fim de evidenciar que o estudo realizado se iniciou no ano de 2013, ou seja, que o mesmo aconteceu antes mesmo da publicação do noticiário no ano seguinte (2014) e que também, em relação a data de publicação do LD (2016), não refere-se a uma notícia recente (Quadro 26). Este mesmo tipo de acréscimo também foi percebido por Miceli, Rego e Rocha (2018) durante a reelaboração de textos de DC referentes ao tema 'água'.

Quadro 26: Acréscimo (negrito) realizado em T16.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
13ºP: "Essa abordagem foi desenvolvida por pesquisadores da Universidade de Oregon, nos Estados Unidos, que a aplicaram pela primeira vez em um estudo publicado no ano passado. No entanto, eles ..."	4ºP: "Essa abordagem foi desenvolvida por pesquisadores da Universidade de Oregon, nos Estados Unidos, que a aplicaram pela primeira vez em um estudo publicado no ano passado [2013]. No entanto, eles ..."

Em relação ao T17, este apresentou apenas eliminações de informações, que correspondiam a três parágrafos do texto original. Tais exclusões tratavam sobre outros prêmios Nobel (de física, química e entre outros) que foram entregues e suas respectivas datas. Com isto, podemos inferir que tal retirada referente ao prêmio não implicou nos dados e no caráter apresentado pelo texto, já que a notícia principal é preservada, como o nome dos principais pesquisadores, que foi realizado, a intenção da pesquisa e suas implicações no desenvolvimento e especialização celular (Quadro 27).

Quadro 27: Eliminações (itálico) realizadas em T17.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
4ºP: “... disse o instituto. [...]” 5ºP: <i>Os vencedores do prêmio sucedem os imunologistas Bruce A. Beutler, Jules A. Hoffmann e Ralph M. Steinman. O trio obteve o Nobel de Medicina de 2011 por sua descrição do sistema imunológico humano, uma contribuição fundamental na luta contra doenças contagiosas e para o desenvolvimento de vacinas.</i> 6ºP: <i>Ao anúncio do Nobel de Medicina seguirão esta semana os de Física e Química, na terça-feira e na quarta-feira, o de Literatura, na quinta-feira, e o da Paz, na sexta. A edição deste ano dos prestigiosos prêmios terminará na próxima segunda-feira, dia 15, com o de Economia.</i> 7ºP: <i>A entrega dos Nobel será realizada, de acordo com a tradição, em duas cerimônias paralelas, em Oslo para o da Paz e em Estocolmo para os restantes, no dia 10 de dezembro, coincidindo com o aniversário da morte de Alfred Nobel.</i>	2ºP: “... disse o instituto. [...]”

O T18, igualmente intitulado ao texto original, praticamente não realizou nenhum elemento de reelaboração discursiva em seu conteúdo, com exceção da retirada do resumo e de informações referentes ao autor do noticiário (Quadro 28). Em relação à eliminação feita no resumo, pode-se dizer que esta não prejudicou nas informações do conteúdo do texto, já que o autor do noticiário (Ives Martins) explica os momentos e embates sobre a pesquisa com células-tronco embrionárias e adultas. Porém, a exclusão de dados referentes a este mesmo autor impossibilita informar o leitor sobre sua formação acadêmica e, conseqüentemente, na sua participação nesta discussão apresentada em T18, ou seja, se ele correspondia a um pesquisador ou neste caso, a um advogado neste processo. Acredita-se também que este último parágrafo tenha sido retirado por possivelmente estar desatualizado em relação à idade e aos dados acadêmicos de Ives, já que o texto original é datado de 2012 e o LD, do ano de 2016.

No caso do texto analisado por Martins, Cassab e Rocha (2001), as eliminações de informações foram capazes de alterar o sentido da sua referência de origem. Estes autores também puderam notar que o texto original sofreu reduções drásticas de informações, que por sua vez comprometeram a Natureza da Ciência por omitir dados e falas de pesquisadores, assim como os processos de construção do conhecimento científico.

Quadro 28: Eliminação (itálico) de informações sobre o autor do texto original de T18.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
TÍTULO: Células-tronco: o tempo é o senhor da razão <i>Pela CNBB, defendi em 2008 no STF não matar embriões. Citei as células-tronco adultas, mais eficientes. Perdemos. O Prêmio Nobel mostra agora nossa razão</i> 14ºP: “O tempo é sempre o senhor da verdade.” <i>IVES GANDRA DA SILVA MARTINS, 77, advogado, é professor emérito da Universidade Mackenzie, da Escola de Comando e Estado-Maior do Exército e da Escola Superior de Guerra</i>	TÍTULO: Células-tronco: o tempo é o senhor da razão 14ºP: “O tempo é sempre o senhor da verdade.”

O décimo nono texto (T19) apresenta apenas duas exclusões que foram sinalizadas pela presença de reticências, além da retirada (não sinalizada) do resumo do noticiário e de dados da pesquisa. Com relação às eliminações sinalizadas (Quadro 29), a primeira referia-se à data de publicação de uma pesquisa na revista *The Lancet Oncology*. Essa retirada possivelmente foi realizada pelo fato do autor não ter desejado revelar a data de publicação desta notícia (do ano de 2013), já que o livro corresponde a uma edição do ano de 2016. Em relação a esta exclusão, nos questionamos se neste intervalo de três anos entre a publicação do noticiário e do LD outras pesquisas foram realizadas e se estes dados estariam desatualizados. Portanto, infere-se também que o autor não buscou atualizar-se sobre o assunto e, desta forma, optou por retirar tal data, ou o mesmo levou em consideração a relevância do texto para ser abordado juntamente com os conteúdos do material didático, sem se importar com a data de publicação.

A segunda eliminação sinalizada correspondeu à retirada de três parágrafos, que continham dados referentes à amostragem, ou seja, ao perfil do público que participou desta pesquisa (neste caso, o público masculino). Acredita-se que o autor não tenha considerado este dado relevante para ser abordado no LD e por isso, o mesmo tenha sido retirado. Observou-se também que no décimo terceiro parágrafo, o subtítulo ‘telômeros’ é descartado para o texto didático, assim como a sua possível explicação do

texto original. Este descarte possivelmente ocorreu pelo fato de ambos os textos (original e didático), já retratarem o que seriam os telômeros no nono e segundo parágrafos, respectivamente.

Quadro 29: Eliminações sinalizadas (itálico) em T19 em relação ao texto original.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
1ºP: “... Uma pesquisa publicada na revista The Lancet Oncology <i>nesta terça-feira</i> mostra, pela primeira vez....” 9ºP: “Os telômeros são estruturas de proteína localizados no final de cada cromossomo....” 11ºP: “.... na saúde geral do corpo. <i>Para isso, analisaram o DNA de um pequeno grupo de homens diagnosticados com câncer de próstata de baixo risco, e que não tinham sido submetidos a tratamentos convencionais como cirurgia ou radioterapia.</i> 12ºP: “<i>Dez desses homens foram selecionados para passar por um tratamento que incluía uma mudança...</i>” 13ºP: TELÔMEROS <i>São as ‘tampas’ das extremidades do cromossomo...</i>” 14ºP: “Os cientistas mediram o comprimento dos telômeros...”	1ºP: “... Uma pesquisa publicada na revista The Lancet Oncology [...] mostra, pela primeira vez...” 2ºP: “Os telômeros são estruturas de proteína localizados no final de cada cromossomo....” 4ºP: “.... na saúde geral do corpo. [...]” 5ºP: “Os cientistas mediram o comprimento dos telômeros...”

As eliminações não sinalizadas de T19 (Quadro 30) mostraram que a exclusão do resumo também indica a retirada da síntese do texto, que possivelmente poderia auxiliar os leitores na compreensão do conteúdo, o que os ‘obrigaria’ a ler todo o conteúdo disposto em T19. Além disso, dados referentes à origem da pesquisa foram retirados do texto, implicando na visão de Ciência destes textos. Infere-se que o autor do texto fez tal retirada pelo fato do restante do conteúdo repetir em outro momento estes mesmos dados com outras palavras (assim como T16). Vale lembrar que isto também ocorreu em T16, cuja fonte de origem é igual ao T19 (o site *Veja*). Porém, ressaltamos que isto não indica um padrão do site de noticiário, já que outros textos anteriores (T1 e T9) não apresentaram tal descrição.

Quadro 30: Eliminações não sinalizadas (itálico) em T19.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
TÍTULO: “Mudar o estilo de vida pode reverter envelhecimento celular <i>Pesquisa mostra que a adoção de uma dieta vegetariana acompanhada de exercícios físicos e meditação pode fazer com que o DNA no interior das células se recupere do desgaste acumulado ao longo do tempo</i> 1ºP: “... em seu interior.” 2ºP: CONHEÇA A PESQUISA 3ºP: “<i>Título original: Effect of comprehensive lifestyle changes on telomerase activity and telomere length in men with biopsy-</i>	TÍTULO: “Mudar o estilo de vida pode reverter envelhecimento celular” 1ºP: “...em seu interior.” 2ºP: “Os telômeros são estruturas...”

<i>proven low-risk prostate cancer: 5-year follow-up of a descriptive pilot study</i> 4ºP: “Onde foi divulgada: periódico <i>The Lancet Oncology</i>” 5ºP: “Quem fez: Dean Ornish, entre outros pesquisadores” 6ºP: “Instituição: Universidade da Califórnia, EUA, entre outras” 7ºP: “Dados de amostragem: 35 homens diagnosticados com câncer de próstata de baixo risco. Dez deles foram selecionados para passar por um tratamento que demandava mudanças completas em seu estilo de vida, como a adoção de uma dieta vegetariana...” 8ºP: “Resultado: Os pesquisadores analisaram os tamanhos dos telômeros no DNA dos indivíduos antes do tratamento e cinco anos após seu início. Nos indivíduos que mudaram de estilo de vida seu comprimento aumentou, em média, 10%....”	
---	--

O vigésimo texto (T20) realizou apenas três exclusões sinalizadas e manteve o mesmo título do texto original. Em relação à primeira eliminação, esta correspondia a uma descrição de quem seria Mendel. Acredita-se que a retirada desta informação não tenha prejudicado a concepção dos alunos, pois este mesmo capítulo especifica as contribuições deste monge para os estudos da Genética. A segunda exclusão foi encontrada no sexto parágrafo do texto didático, em um dos resultados obtidos na pesquisa de Raphael Weldon (que reaplicou as técnicas utilizadas por Mendel). Infere-se que tal frase foi retirada pelo fato do autor julgá-la menos importante que o restante do conteúdo, ou, por possivelmente desconfiar da veracidade da informação e optar por não abordá-la no LD. A última exclusão foi percebida no último parágrafo do livro (7º parágrafo), onde dois parágrafos do texto original não são reaproveitados por representarem uma incerteza de ideias quanto ao possível erro ou não de Mendel. A partir disto, percebemos também o quanto o autor do LD torna o texto tendencioso a este possível equívoco de Mendel (Quadro 31).

Quadro 31: Eliminações de informação (itálico) percebidas em T20.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
1ºP: “Você se lembra do Mendel? <i>É, aquele frade da ervilha verde e da ervilha amarela, do "azão azão" (ou AA) que cruza com o "azinho azinho" (aa) das aulas de biologia.</i> ”	1ºP: “Você se lembra do Mendel? [...] Passei algumas das horas...”
2ºP: “Passei algumas das horas...”	6ºP: “... em relação ao resultado previsto pela teoria. [...] E resumiu a situação...”
7ºP: “... em relação ao resultado previsto pela teoria.	7ºP: “...ainda que os resultados experimentais raramente fossem tão certinhos quando os dele.”
8ºP: “O britânico calculou ainda que, se os mesmos experimentos fossem realizados de novo, a chance de os resultados se desviarem mais da proporção de 75% seria de 16 para 1. E resumiu a situação....”	
9ºP: “...ainda que os resultados experimentais raramente fossem tão certinhos quando os dele.”	
10º P: “Não há nenhuma evidência de que, de fato, tenha havido	

<i>fraude de caso pensado. Para Radick, o mais provável é que Mendel tenha feito contagens mais precisas do que o normal de forma inconsciente.”</i> 11ºP: “A verdadeira lição, para o historiador da ciência, é que quase sempre as características biológicas têm uma variação bem mais gradual do que a simples oposição binária entre ervilhas lisas e rugosas. O conjunto dos genes de um ser vivo e a influência do ambiente tendem a produzir uma diversidade bem maior de características. É esse contexto que ainda precisa ser considerado quando estudamos genética.”	dele. [...]
--	-------------

Além das eliminações, percebeu-se que o autor do LD também modificou o destaque dado ao periódico *Science*. No texto original, esta palavra aparece entre aspas. Já no LD, ela recebe o destaque em negrito. Ressalta-se que isto não altera o sentido do texto, porém podemos dizer que isto garante uma maior notoriedade do periódico perante o texto.

O T21 (assim como o T20) realizou apenas quatro eliminações de informação. Estas retiradas eram referentes à um estudo efetuado com o genoma e a sua data de publicação, dados sobre o pesquisador Joel Hirschhorn, ao detalhamento do estudo e aos quatro últimos parágrafos do texto original referentes a outros estudos e à falas de um segundo pesquisador (que não foi citado no texto do LD). Durante as observações de Passeri, Aires e Rocha (2017) a partir da análise da reelaboração discursiva entre um texto de divulgação e o texto presente no LD, os autores notaram que ao todo, oito eliminações foram percebidas, seguidos de dois acréscimos e duas reordenações e substituições. Isto evidencia que tais supressões de palavras, parágrafos ou termos são elementos frequentes a serem observados neste tipo de pesquisa.

Com base nestas exclusões, inferimos que o autor do livro quis reduzir a informação presente no conteúdo apenas relacionando os fatores genéticos com a altura, sem exemplificar outros estudos e detalhá-los, o que colaborou para o fato de este texto ser retratado de forma superficial. Além disso, podemos adiantar que este texto também afetou a análise da Natureza da Ciência, já que retira todos os dados que evidenciam o processo de construção do conhecimento científico. O quadro abaixo (Quadro 32) explicita algumas destas eliminações.

Quadro 32: Eliminações(itálico) de dados encontradas em T21.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
1ºP: “... um grande desafio para os cientistas.” 2ºP: “<i>Neste domingo (5), foi publicado o maior estudo já feito sobre o assunto, com análise de dados de genoma de mais de 250 mil pessoas que levou à identificação de cerca de 700 variantes genéticas e mais de 400 regiões do genoma relacionadas com a altura.</i>” 3ºP: “... disse o Dr. Joel Hirschhorn, <i>geneticista e endocrinologista pediátrico do Hospital Infantil de Boston e do Instituto Broad do Massachusetts Institute of Technology e da Universidade de Harvard.</i>” 7ºP: “<i>A equipe internacional de pesquisadores analisou dados de genomas de 253.288 pessoas de ascendência europeia, todos da Europa, América do Norte e Austrália. Eles percorreram cerca de 2 milhões de variantes genéticas comuns nestes indivíduos e identificaram 697 genes variantes em 424 regiões do DNA como relacionados à altura.</i>” 12ºP: “<i>Alguns estavam relacionadas com o colágeno, um componente do osso, outros ao componente da cartilagem chamado sulfato de condroitina, além de alguns ligados à área de crescimento de tecido perto das extremidades dos ossos longos do corpo.</i>”	1ºP: “... um grande desafio para os cientistas. [...]” 2ºP: “... disse o Dr. Joel Hirschhorn [...]” 3ºP: “...para a estatura baixa. [...]” 4ºP: “... disseram os pesquisadores.[...]”

No T22, mais uma vez notamos apenas a omissão de informações. Este texto (que praticamente não sofreu nenhuma alteração) eliminou um parágrafo sobre a porcentagem de tumores de mama. Acredita-se que o autor do LD optou por retirá-las por possivelmente este dado estar desatualizado (seja por um possível aumento no número de casos ou na sua diminuição, visto que hoje há diversas formas de prevenção e tratamento), já que o texto original foi publicado no ano de 2013, três anos antes da edição do livro. A segunda exclusão foi observada no nome da empresa responsável por patentear os estudos com os genes associados à doença (BRCA 1 e 2). Vale lembrar que possivelmente o autor optou por não revelar o nome desta empresa em uma tentativa de preservá-la ou de evitar qualquer tipo de questionamento a respeito desta citação a fim de não se comprometer (Quadro 33).

Quadro 33: Eliminações (itálico) presentes em T22.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
3ºP: “... e o de ovário, de 50%..” 4ºP: “<i>Só uma minoria dos tumores de mama (cerca de 10%) tem origem genética. Parcela ínfima da população, estimada entre 0,1% e 0,2%, carrega as mutações perigosas, que são um pouco mais frequentes entre judeus de origem europeia.</i>” 5ºP: “... Num lance questionável, ambos os genes foram patenteados nos Estados Unidos <i>pela empresa Myriad Genetics.</i> O caso está na Suprema Corte norte-americana.	3ºP: “... e o de ovário, de 50%.. [...]” 4ºP: “... Num lance questionável, ambos os genes foram patenteados nos Estados Unidos [...]. O caso está na Suprema Corte norte-americana.

Em relação ao T23, vale a pena ressaltar que seu texto original passou por uma tradução de idioma, pois foi retirado do glossário do site da *National Human Genome Research Institute* e que o mesmo apresenta apenas um parágrafo de informação. Diante disto, este dado torna-se curioso, já que o autor buscou uma referência internacional para apresentar este significado (possivelmente por ser uma fonte conhecida e renomada) ao invés de retratar este conceito segundo pesquisadores brasileiros. O texto didático apresentou algumas eliminações de palavras e frases que, por sua vez, não alteraram a ideia do texto original (Quadro 34). Neste sentido, a hipótese defendida para estas pequenas omissões é a de que ocorreu uma falha no processo de tradução deste texto.

Quadro 34: Eliminações (itálico), acréscimos (negrito) e substituições (negrito e sublinhado) de palavras e frases em T23.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
Gene 1ºP: The gene is the basic <i>physical</i> unit of inheritance. Genes are passed from parents to offspring and contain the information needed to specify traits. Genes are arranged, one after another, on structures called chromosomes. A chromosome contains a single, <i>long</i> DNA molecule, <i>only a portion of which corresponds to a single gene</i>. Humans have approximately 20,000 genes <i>arranged</i> on their chromosomes.	O que fazer com o conceito de gene? 1ºP: “Muitos dos mecanismos recém-descobertos envolvem a atuação conjunta de DNA, RNA” 2ºP: “Podemos, <u> todavia, continuar assumindo o gene como uma simplificação didática e uma ferramenta útil no estudo da Biologia Celular e da Genética, como temos feito até então. E não estamos sozinhos nessa opção: o portal oficial do Projeto Genoma Humano traz definições conservadoras. Leia:”</u> 3ºP: “O gene é a unidade básica da herança. Os genes são passados de pais para filhos e contêm a informação necessária para especificar características. Os genes estão dispostos, um após o outro, em estruturas chamadas cromossomos. Um cromossomo contém uma única molécula de DNA. Os seres humanos possuem aproximadamente 20 mil genes em seus cromossomos.

Além destas pequenas eliminações, notamos que o quadro acima (Quadro 34) realiza uma substituição nos títulos destes textos. O texto original, por ser retirado de um glossário é intitulado “*Gene*”, no sentido de explicar o conceito de genes. Já o título do texto didático busca levar a uma reflexão, de forma mais didática, sobre o conceito de genes: “*O que fazer com o conceito de genes?*”. Para isto, este autor também utiliza-se de dois acréscimos de parágrafos a fim de introduzir o tema em questão (genes) e para mostrar que o site do Projeto Genoma Humano também se utiliza de uma definição simplificada deste conceito. Conforme foi observado por Nascimento (2005), os diversos acréscimos (de pequenas palavras e frases) realizados no texto didático auxiliaram a tornar a informação mais clara e concisa para o leitor, já que os mesmos

tinham como objetivo explicar determinado termo, de forma a melhor organizar as ideias presentes no texto.

Durante a análise do T24, observou-se que este texto realizou diversos elementos da reelaboração discursiva e isto possivelmente deve-se ao fato de que assim como o T23, o T24 representou um texto que precisou ser traduzido da sua fonte original (neste caso, o noticiário publicado na *NC State University News*). A primeira alteração observada consistiu em uma eliminação de parte do título (Quadro 35), onde acredita-se que o mesmo tenha sido suprimido por apresentar a ‘resposta-chave’ para o que irá acontecer com as moscas-das-frutas, ou seja, quando elas ficam doentes, suas proles tornam-se mais diversas. Infere-se que a retirada desta frase foi realizada porque o autor quis manter o suspense neste título, de forma a convidar o aluno a ler o texto e buscar a resposta para a sua curiosidade.

Notou-se que o primeiro parágrafo, há exclusão da data em que o noticiário foi publicado. Em seguida, um acréscimo é realizado sobre quem seriam as moscas-das-frutas e a que família elas pertencem, com o intuito de explicar e situar o leitor sobre o que ele está lendo. Além disso, uma reordenação foi percebida e pequenas exclusões (não sinalizadas) e acréscimos de palavras foram notadas. Vale lembrar que estas últimas alterações não alteraram a ideia do texto original e que possivelmente foram feitas a fim de tornar a tradução do texto mais inteligível.

No segundo parágrafo é possível observar eliminações (sinalizadas e não sinalizadas) de informações. A primeira consistia em uma breve explicação sobre o que ocorre durante a meiose e possivelmente foi retirada pelo autor do LD com o objetivo de sintetizar a informação. Por outro lado, na última linha, notou-se que este mesmo autor preocupou-se em explicar o que seriam cromossomos recombinantes. Este acréscimo provavelmente foi realizado devido à exclusão supracitada. Por fim, ressaltamos a substituição realizada no início deste parágrafo, onde o autor do LD altera o nome vulgar desta mosca (moscas-das-frutas) por drosófilas (adaptação do gênero *Drosophila*). O mesmo também substituiu ‘células reprodutivas’ por ‘gametas’, que corresponde a um termo similar. Galieta (2013), durante a análise de discurso entre um texto presente no LD e a sua fonte original, observou que o texto didático realizava substituições por palavras similares, como o termo ‘glândula supra-renal’ no texto de DC por ‘glândulas adrenais’ no LD. Acreditamos que estas alterações são realizadas em uma busca de adaptar estas palavras de acordo com termos que são mais utilizados nos livros ou até mesmo no cotidiano.

Quadro 35: Eliminações (itálico), acréscimo (negrito), reordenação (itálico e sublinhado) e substituição (negrito e sublinhado) dos dois primeiros parágrafos do texto didático T24.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
When Fruit Flies Get Sick, <i>Their Offspring Become More Diverse</i> <i>For Immediate Release</i> August 13, 2015 1ºP: “New research from North Carolina State University and Reed College shows that when fruit flies are attacked by <i>parasites or bacteria</i> they <i>respond</i> by producing offspring with greater genetic variability. This extra <i>genetic</i> variability may give the offspring an increased chance of survival when faced with the same pathogens. These findings demonstrate that parents may purposefully alter the genotypes of their offspring.”. 2ºP: “<u>Fruit flies’ reproductive cells</u> are <i>usually</i> haploid, meaning that there is only one copy of each chromosome <i>in the cell’s nucleus instead of two</i>. <i>During meiosis, the form of cell division that creates eggs in females and sperm in males, female fruit flies produce eggs that contain only one set of chromosomes – each chromosome in the set may be a copy of the mother’s chromosome or a copy of the father’s chromosome. Or they may be a mixture of both chromosomes due to a process known as recombination.</i> Under normal conditions each offspring <i>of a female fruit fly</i> has a 25 percent chance of getting a maternal copy of a chromosome, a 25 percent chance of receiving a paternal copy, and a 50 percent chance of receiving a recombinant chromosome.”	Quando as moscas-das-frutas ficam doentes 1ºP: “Uma pesquisa da North Carolina State University e da Reed College mostrou que, quando as moscas-das-frutas (ou drosófilas, da família Drosophilidae) são atacadas por <i>bactérias ou parasitas</i>, elas geram descendentes com maior variabilidade genética. Esta variabilidade extra pode dar à prole maior chance de sobreviver se exposta aos mesmos patógenos. O resultado da pesquisa demonstra que os pais podem alterar “propositalmente” os genótipos dos filhos.” 2ºP: “<u>Os gametas de drosófilas</u> são haploides, ou seja, possuem apenas uma cópia de cada cromossomo [...] Em condições normais, para um certo par de homólogos, cada descendente tem 25% de probabilidade de receber uma cópia materna, 25% de chance de receber a cópia paterna e 50% de receber um cromossomo recombinante [que sofreu crossing-over].”

O terceiro parágrafo de ambos os textos (original e didático) é marcado por substituições, exclusões e reordenações de dados (Quadro 36). Inicialmente o autor do LD reformulou a informação de forma que ela se torne mais acessível ao leitor, assim como também pode ser observado no exemplo apresentado sobre a reordenação de um fragmento. Em seguida, percebeu-se que o texto didático elimina uma breve explicação sobre os alelos, o que poderia prejudicar na compreensão do estudante, que por sua vez, está se apropriando de tal conceito. Isto possivelmente ocorreu pelo fato do autor supor que este conhecimento (que é apresentado em capítulos anteriores do LD) já seja considerado de domínio do leitor. Ainda neste parágrafo, há a substituição da palavra ‘*adaptar*’ por ‘*tolerar*’. Supõe-se que o autor do LD desejou suavizar este termo de acordo com a teoria neodarwinista (uma vez que T24 foi encontrado durante o capítulo de evolução que trata sobre as teorias evolutivas).

O quarto parágrafo é marcado por substituições de dados, que em sua maioria correspondiam aos nomes dos pesquisadores que estão por detrás deste estudo. Esta alteração está ligada a uma alteração da visão de Natureza da Ciência, que passou a retratar a ciência de forma neutra e sem evidenciar os nomes de quem realmente realiza estes estudos importantes. Outra alteração trata da substituição de ‘moscas-das-frutas’ por ‘drosófilas’ e em um destes casos, por ‘mosquinhos’, em uma possível tentativa de ‘adoçar’ a expressão, tornando-a menos informal. Desta forma, o autor estabelece uma aproximação com o leitor por utilizar-se de um termo cotidiano. Por fim, este parágrafo também se utilizou de eliminações, que provavelmente foram feitas a fim de sintetizar o conteúdo. As eliminações foram notadas por diversos autores que analisaram a reelaboração discursiva de um texto de DC para o LD, entre eles, destacamos Martins, Cassab e Rocha (2001). Estes autores perceberam que grande parte do conteúdo havia sido eliminado, assim como ocorreu com o número de ilustrações. Tais eliminações, por sua vez, acarretaram em uma significativa redução no tamanho do texto didático e novamente influenciaram a visão de Natureza da Ciência, já que informações referentes aos pesquisadores e aos processos de construção do conhecimento científico também foram suprimidos no LD.

Quadro 36: Eliminações (itálico), reordenação (itálico e sublinhado) e substituição (negrito e sublinhado) observados do 3º e 4º parágrafo de T24.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
3ºP: “<i>In theory, <u>under conditions in which organisms face new threats, such as those posed by parasites or pathogens</u>, it could be advantageous to have offspring with more recombinant chromosomes. <u>These offspring would have more novel combinations of alleles (versions of particular genes)</u>, increasing the chances that at least some of them <u>would be well adapted</u> to these threats”.</i> 4ºP: “<i><u>Nadia Singh, an assistant professor of biological sciences at NC State, and her colleague and co-author of a paper describing the work, Todd Schlenke of Reed College</u>, wanted to see if <u>fruit flies</u> have evolved such a strategy for coping with infections by bacteria or parasitic wasps. <u>Singh and Schlenke</u> exposed <u>fruit flies</u> to two different pathogenic bacteria, as well as to the parasitic wasp <i>Leptopilina clavipes</i>, which lays its eggs inside <u>fruit fly</u> larvae and devours the fly from the inside out unless it is killed by the fly immune system.</i>”	3ºP: “<u>Já em condições ambientais desfavoráveis (por exemplo, diante da presença de parasitas)</u>, pode ser vantajoso ter filhos com mais cromossomos recombinantes. <i>Por terem novas combinações de alelos, os descendentes</i> têm mais chance <u>de tolerar</u> as novas condições.” 4ºP: “<u>[Os pesquisadores]</u> queriam entender que estratégias as <u>drosófilas</u> desenvolveriam quando infectadas por bactérias <u>ou atacadas</u> por vespas parasitas. <u>Os cientistas</u> expuseram <u>drosófilas</u> a duas espécies diferentes de bactérias patogênicas e a vespas da espécie <i>Leptopilina clavipes</i>, que deposita os ovos nas larvas das <u>mosquinhos</u>.”

De um modo geral, notou-se que as alterações presentes nos dois últimos parágrafos (quinto e sexto parágrafo) foram realizadas de forma que a informação

tornasse mais organizada e compreensível para o leitor. O quinto parágrafo de T24 apresentou reordenação, acréscimos e substituições de frases e palavras. Por fim, o sexto parágrafo apresentou eliminação de determinados fragmentos, seguidos de substituições (dentre elas, do nome do pesquisador para a palavra ‘cientista’) e uma reordenação (Quadro 37). De acordo com Souza e Rocha (2014) as reordenações foram elementos bastante observados durante a análise da reelaboração discursiva de um texto relacionado com a temática de ecologia. Segundo estes autores, tais reordenações ofereceram uma maior fluência do texto, o que facilitou o seu entendimento. Vale lembrar que assim como estes autores supracitados, as reordenações observadas em T24 apresentaram estas mesmas funções.

Quadro 37: Eliminações (itálico), acréscimos (negrito), reordenações (itálico e sublinhado) e substituições (negrito e sublinhado) observados do 5º e 6º parágrafo de T24.

TEXTO ORIGINAL	TEXTO DIDÁTICO
5ºP: “<i>The findings, which appear in Science, were surprising.</i> Females who survived bacteria or wasp infection produced a much greater proportion of recombinant offspring than control, uninfected flies. The surviving mothers made their offspring more diverse.” 6ºP: “We believe that this is an example of <i>what has been called</i> transmission distortion. <i>In this case, something is signaling these female fruit flies to produce a higher proportion of offspring with recombined chromosomes than they would normally,</i>” says Singh. “<i>The result is that they’re hedging their bets, genetically speaking – creating a large number of very different offspring</i> means that at least some of those offspring may be genetically better suited to surviving future threats from these bacteria or parasites.”	5ºP: “<i>Publicados na revista Science, os estudos mostraram resultados surpreendentes.</i> Fêmeas sobreviventes de ataques de bactérias ou de vespas produziram mais descendentes com cromossomos recombinantes. Em outras palavras, essas fêmeas foram capazes de produzir uma prole geneticamente mais diversificada.” 6ºP: “Esse é um exemplo de ‘distorção de transmissão’. Algo informa às moscas que elas devem produzir mais filhos recombinantes do que seria normalmente esperado”, diz [um dos cientistas]. “Gerando uma prole com maior variabilidade genética, as fêmeas ‘aumentam a aposta’ em ter pelo menos alguns descendentes capazes de resistir ao ataque biológico.” [...]

Ainda em relação ao quadro acima (quadro 36) é possível observar que o texto didático sinalizou para a eliminação do restante do texto original, que continha três parágrafos. Estes parágrafos abordavam o restante do estudo, assim como a fala de dois pesquisadores (que retratam uma possível continuidade nos estudos e uma necessidade aprofundá-los), das instituições financiadoras destes estudos e de pesquisadores que também contribuíram para a publicação da pesquisa. Em seguida, o texto de origem também retratou o resumo do estudo original, publicado na revista *Science* (Quadro 38). Novamente esta supressão de informação causou um impacto direto na visão de Natureza da Ciência, principalmente por não apresentar dados desta pesquisa original.

Vale lembrar que este assunto sobre tais dados referentes à ciência serão discutidos na próxima subseção (4.1.2).

Quadro 38: Parágrafos eliminados do texto original de T24.

TEXTO ORIGINAL
7ºP: “Even more interesting was the discovery that this signal may somehow be transmitted even when the female is exposed to the threat in the larval stage – well before egg production (and the associated chromosomal recombination) begins.” 8ºP: “It is interesting that stresses occurring early in development can influence a host’s reproductive machinery later in life – we don’t know yet what the infection signal is or how it is maintained across metamorphosis” says Schlenke. “And there’s no reason to think that this type of reproductive response to infection is unique to flies,” adds Singh. “We want to know whether other species do this, because it represents a novel way that parents can influence the potential fitness of their offspring.” 9ºP: “The research was supported by funding from NC State and by the National Science Foundation (grant 1257469 to Todd Schlenke). Graduate student Erin Keebaugh, postdoc Kathryn Kohl, and undergraduate students Dallas Criscoe (NC State) and Shelly Skolfield (Reed College) also contributed to the work.” Note to editors: Abstract follows DOI: 10.1126/science.aab1768 “Fruit flies diversify their offspring in response to parasite infection” Authors: Nadia Singh, NC State University; Todd Schlenke, Shelly Skolfield, Reed College; Dallas Criscoe, Baylor College of Medicine; Kathryn Kohl, Winthrop University; Erin Keebaugh, Emory University Published: Aug. 14, 2015 in Science Abstract: The evolution of sexual reproduction.....”

Por fim, com relação ao grau de hibridez dos textos didáticos definido por Souza (2017) pudemos perceber que todos os textos analisados realizaram alguma alteração de reelaboração discursiva. A maioria deles se enquadrou na definição de textos semi-híbridos, já que eles não sofreram grandes modificações em relação às suas fontes originais, mas também não eram idênticos às mesmas. A classificação de textos ‘editados’, presentes em dez textos, correspondia aos textos que apresentaram apenas eliminações de dados durante a reelaboração da referência original. Já ao que foram considerados como ‘semi-híbridos’ (encontrados em apenas dois textos) englobaram os textos que sofreram grandes alterações de informação, como acréscimos substituições, reordenações e eliminações de conteúdos (Quadro 39).

Quadro 39: Grau de hibridez dos textos didáticos encontrados durante a análise.

GRAU DE HIBRIDEZ DOS TEXTOS	TEXTOS	Nº TOTAL DE TEXTOS
Semi-híbridos	T1; T2; T3; T4; T5; T7; T8; T9; T10; T11; T16; T23	12
Editados	T6; T12; T14; T15; T17; T18; T19; T20; T21; T22	10
Híbridos	T13 e T24	02

Acrescenta-se ainda que a presença do grau de hibridez dos textos didáticos, por sua vez, confirma o fato de que a DC, por ser entendida como uma atividade de reelaboração discursiva, precisa realizar uma série de adaptações linguísticas e discursivas do conteúdo científico (como as eliminações, acréscimos, substituições, reordenações) a fim de que a informação seja compreendida pelo o público ao qual ela é destinada.

4.1.2- Natureza da Ciência (NdC)

Tendo como base o conceito de NdC que nos apropriamos para esta dissertação (e que já foi citado em seções anteriores), nesta categoria, classificamos os vinte e quatro textos em (i): textos que apresentavam as características da ciência e (ii): textos que apresentavam visões distorcidas da ciência. Neste sentido, pudemos perceber que a maior parte dos textos evidenciou questões importantes relacionadas às pesquisas realizadas, assim como temas controversos que requerem debates e reflexões na sociedade e no ambiente escolar. Por outro lado, o número de textos com visões distorcidas também foi considerado surpreendente, já que espera-se que haja uma preocupação por parte dos LDs em retratar a ciência como parte de um processo não neutro (Quadro 40).

Quadro 40: Classificação dos textos de acordo com as subcategorias elencadas de NdC.

SUBCATEGORIAS	TEXTOS	TOTAL DE TEXTOS
Textos que retratavam a não neutralidade da ciência	T1; T2; T3; T5; T6; T7; T10; T11; T17; T18; T19; T20; T24	13
Textos que apresentavam visões distorcidas da ciência	T4; T8; T9; T12; T13; T14; T15; T16; T21; T22; T23	11

4.1.2.1 Textos que retratavam a não neutralidade da ciência

Nesta subcategoria, consideramos os textos que evidenciavam os métodos de construção do conhecimento científico, as controvérsias da ciência e que, além disso, mostravam uma visão de ciência como fruto da atividade humana, e, portanto, como um elemento passível de falhas e equívocos. Deste modo, adotamos a classificação de Briccia e Cravalho (2011) para nortear e guiar na descrição destes textos: ciência vista como atividade humana, caráter provisório do conhecimento científico e visão histórica e problemática da ciência.

No texto 1 notou-se que foi retirado um fragmento que continha o local de publicação do estudo original e uma fala da cientista que coordenou a pesquisa. Esta eliminação de falas de pesquisadores, assim como de dados referentes ao estudo, também foram observados na pesquisa de Martins, Cassab e Rocha (2001) durante a análise da NdC de um texto referente ao Cerrado e por outros artigos da literatura (PASSERI; AIRES; ROCHA, 2017; SOUZA; ROCHA, 2014). Porém, apesar de tal eliminação, devemos ressaltar ainda que T1 também apresentou dados sobre a pesquisa, assim como os seus resultados, que pode ser observado no seguinte fragmento: *“Depois de quatro semanas de estudo, os cientistas passaram a detectar falhas no funcionamento da mitocôndria nas células dos animais.”*.

Além disso, o texto cita uma fala da autora do estudo (Cecilia Giulivi) e a importância daquela pesquisa para possíveis tratamentos sobre o autismo. Assim, T1 apresentou os aspectos da NdC, onde também retratou o caráter provisório do conhecimento científico, que pode ser evidenciado no trecho a seguir:

Pesquisas anteriores já haviam mostrado que defeitos em um gene conhecido como PTEN estavam relacionados a alguns casos de autismo. No entanto, nenhuma delas havia conseguido demonstrar como esses defeitos afetavam o funcionamento do cérebro dessas pessoas.

A partir deste fragmento, percebeu-se que os pesquisadores nem sempre conseguem atingir seus objetivos durante as pesquisas científicas e que em alguns casos, elas também podem ser falhas e se alterarem.

Por outro lado, T2 apresentou em diversos momentos, dados referentes à pesquisa, que podem ser observados na frase *“A invenção surgiu no Laboratório Nacional de Células Tronco Embrionárias da UFRJ. Ideia de um pesquisador que soube enxergar toda a beleza do código genético.”* e no trecho: *“Uma parte do dinheiro*

com a venda dos quadros vai ajudar a manter o laboratório, um dos mais importantes centros de pesquisa sobre células-tronco no país.”. Em outro momento, o texto do LD também mantém uma fala do pesquisador e coordenador do Laboratório de células-tronco, Steven Rehen, apresentada a seguir: “... *Aproximar o grande público da ciência, fazendo com que as pessoas tenham na parede das suas casas uma obra de arte que na verdade é ciência pura-*, Stevens Rehen, coordenador do laboratório de células-tronco / UFRJ”. Vale lembrar que a fala deste pesquisador também retrata a necessidade de promover a DC para a população e de aproximar a ciência dos mesmos. A presença destes dados referentes à pesquisa vai ao encontro das observações de Kemper, Zimmermann e Gastal (2010) durante suas análises sobre os textos de evolução retirados das revistas científicas *Galileu* e *Superinteressante*. As autoras notaram que detalhes sobre os procedimentos utilizados na ciência também eram reportados nos textos. Desta forma, T2 também apresentou características da NdC, onde neste caso, percebe-se que a ciência pode ser vista como uma atividade humana, principalmente por tentar promover uma aproximação destes conhecimentos a nível social.

O T3 apresenta a história de Rosalind Franklin e sua participação não repercutida nos estudos da estrutura de dupla hélice do DNA. O texto, por si só, apresenta dados relevantes para a promoção da NdC, como no seguinte fragmento: “... *Atores fundamentais do episódio tiveram seu papel minimizado ou até mesmo esquecido, como o de Rosalind Franklin...*”. Porém, em outros momentos, o texto didático de T3 retira trechos importantes que poderiam ser evidenciados: “*Há até quem diga que a pesquisadora foi passada para trás*”, “*A imagem lhe foi mostrada por Wilkins sem consentimento de Franklin.*”, “... *Isso no início dos anos 50, quando a participação de mulheres no meio científico ainda era pequena.*”. Diante disto, ressalta-se que tais frases poderiam corroborar ainda mais para a promoção da ciência ao retratar fatos verdadeiros, principalmente sobre a frequente minimização da mulher no meio científico e o predomínio de uma ‘ciência masculina’. Segundo Matthews (1995, p.165) a presença de dados relacionados à história da ciência oferecem uma imagem mais humanizada da ciência. Além disso, “podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento de um pensamento crítico”. Entretanto, considerou-se que T3 apresentou visões históricas e problemáticas da ciência, principalmente por retratar um acontecimento histórico concreto e pouco conhecido no universo estudantil, além de mostrar que a participação feminina nas pesquisas, apesar de ser muito pequena, já se iniciava neste período.

Ao tratar de um texto que apresenta apenas informações históricas sobre as transfusões sanguíneas, apresentando nomes de cientistas responsáveis pelos estudos e suas práticas, considerou-se que T5 apresentou características do conhecimento científico, uma vez que o texto apresenta técnicas que não foram bem sucedidas a partir da transfusão e que assim, a ciência pode ser vista como fruto da atividade humana e como um processo falível. Esta informação fica clara nos seguintes trechos: *“Tomando um tubo de prata, Denis infundiu um copo de sangue de carneiro em Antoine Mauroy, de 34 anos [...] Conta-se que após resistir a duas transfusões, Mauroy teria falecido provavelmente em consequência da terceira.”* e *“Em 1788, após tentativas fracassadas [...]”*. Estes fragmentos explicitam que a ciência se consolida a partir de tentativas e erros.

Assim como T5, o texto 6 também apresentou aspectos relacionados à NdC. O texto apresentou dados com base no Instituto Butantan de São Paulo, da revista britânica *New Scientist* e da Universidade de Newcastle. Além disso, no parágrafo apresentado abaixo observa-se que a ciência não possui dados prontos e que é preciso realizar testes e experimentos para comprovar a eficácia de determinada pesquisa. Em outras palavras, isto significa que “as descobertas não acontecem por acaso, sendo fruto de estudos detalhados e discussões acaloradas” (KEMPER; ZIMMERMANN; GASTAL, 2010, p.36).

A equipe brasileira de cientistas, comandada por Irina Kerkis, ainda não demonstrou que os óvulos obtidos a partir de células masculinas sejam férteis para a viabilidade da descendência, mas já estão levando a experimentação bem-sucedida com os ratos para os embriões humanos.

Considerou-se que T7 apresentou características relacionada à NdC ao retratar os dois lados da utilização de transgênicos a partir de falas de pesquisadores, ambientalistas e ativistas. Isto fica claro nos seguintes trechos a seguir:

Michael Purugganan, professor de genômica e biologia e pró-reitor da Universidade de Nova York [comenta]: ‘os genes que eles inseriram para fazer a vitamina não são nenhum tipo de material manufaturado esquisito, mas sim genes encontrados também em abóboras, cenouras’...

a ambientalista indiana Vandana Shiva disse que o arroz seria um ‘cavalo de Troia’, destinado a conquistar o apoio da opinião pública para organismos transgênicos que beneficiariam corporações à custa de consumidores e agricultores pobres.

Podemos perceber a partir destes fragmentos que questões sociais e econômicas estão atreladas com tais discussões, o que também evidencia uma não neutralidade da ciência. A importância destas discussões pode ser explicada por Rocha e Vargas (2016) que afirmam que é perigoso manter uma imagem de ciência sem controvérsias ou

discussões sobre os temas já aceitos atualmente, demonstrando-a como um elemento sem conflitos ou já encerrada em suas ideias.

O T10 apresentou uma visão relacionada com a NdC, já que o mesmo explica a pesquisa realizada pelos três pesquisadores que ganharam o Nobel de Química sobre o reparo de erros do DNA. Notou-se que durante todo o texto houve uma preocupação em relatar o nome destes cientistas, evidenciar suas falas e projetos, como observado no fragmento *“Modrich, por sua vez, descobriu um mecanismo batizado de ‘reparo de pareamentos errados’ (mismatch repair), que detecta...”* e no trecho do oitavo parágrafo do texto do LD: *“[Lindahl] ressaltou a importância do estudo dos mecanismos de reparos de DNA para o desenvolvimentos de medicamentos.”*. Além disso, T10 mantém as partes mais importantes do conteúdo original e ainda realiza uma retomada sobre o período em que o DNA foi descoberto: *“A estrutura do DNA foi descoberta em 1953 e, até a década de 1970, cientistas ainda acreditavam que ele fosse uma molécula estável.”*. Isto indica também a preocupação em relatar dados da história da ciência, além da forma como os pesquisadores lidavam com os estudos do DNA naquele período e da imprecisão que havia sobre esta molécula, inferindo que a ciência passa por falhas, dúvidas e equívocos. Segundo Moura (2014) relatar a história da ciência pode colaborar para as discussões a respeito da NdC, auxiliando na contextualização da ciência a partir de uma compreensão da origem de diversas concepções científicas.

O texto T11 apresenta o ponto de vista de diversos pesquisadores a respeito do processo de clonagem para salvar espécies ameaçadas de extinção. Ao evidenciá-los, o autor mostra as discussões acerca da utilização de técnicas de manipulação genética e seus propósitos, e desta forma, corrobora para uma visão de ciência não neutra. Isto fica claro na seguinte frase: *“Apesar dos avanços científicos dos últimos anos, a clonagem continua sendo um processo muito complexo, com resultados nem sempre satisfatórios.”*. Em outras palavras, percebe-se que os progressos na ciência não são sinônimos de apenas benefícios para a população e que os mesmos também se consolidam a partir de experiências fracassadas. Isto mostra o caráter provisório dos conhecimentos científicos, neste caso, especificamente da clonagem. O texto em questão também cita a opinião de um dos pesquisadores sobre a clonagem, onde percebeu-se que a conservação em zoológicos está relacionada à outras intenções que não estão ligadas com a conservação da espécie, o que mais uma vez indica que a ciência está associada a diversas questões e interesses:

Colman O'Criodain, analista de políticas do programa de espécies globais do WWF, é da mesma opinião. "A nossa prioridade é tentar conservar os animais no seu habitat natural. Se falamos na conservação em zoológicos, já perdemos a batalha. Na clonagem para zoológicos há um valor educativo e de curiosidade, mas não é uma contribuição significativa para a conservação", avalia. (T11)

Outro ponto observado em T11 trata-se do valor atribuído à produção de clones: *“Apesar de ser um processo caro, para o pesquisador a clonagem é válida para zoológicos quando não há muitos exemplares desses animais ou eles são raros. Atualmente, uma clonagem de bovinos custa em torno de 30 mil reais.”*. Neste caso, observa-se a relação entre a ciência e questões econômicas, já que o fragmento indica que o processo de clonagem é caro e acessível para poucos. De acordo com Moura (2014, p.32) “a compreensão da natureza da Ciência é considerada um dos preceitos fundamentais para a formação de alunos e professores mais críticos e integrados com o mundo e a realidade em que vivem”, ou seja, ao evidenciar trechos importantes relacionados à ciência, T11 também oferece a possibilidade de alunos e professores se informarem mais a respeito da realidade em que estão inseridos.

Em relação ao T17, que foi classificado como um texto que apresentou os métodos de construção da ciência, notou-se que apenas são retiradas informações que dizem respeito ao prêmio Nobel. Portanto os dados sobre a pesquisa não alteraram o sentido do texto, que por sua vez, apresenta o nome dos cientistas e o estudo realizado por eles: *“O Instituto Karolinska, de Estocolmo, ofereceu o Prêmio Nobel de Medicina de 2012 ao britânico John B. Gurdon, de 79 anos, e ao japonês Shinya Yamanaka, de 50, pesquisadores de células-tronco, nesta segunda-feira (8)”*.

Além disso, notou-se a contribuição desta pesquisa para a área da Biologia no seguinte fragmento: *“... o que revolucionou a compreensão científica de como se desenvolvem as células e os organismos.”*. Isto mostra o quanto estas técnicas desenvolvidas são importantes para proporcionar um maior entendimento sobre diversas doenças (como o câncer). Também podemos acrescentar que ao retratar este estudo realizado por tais pesquisadores e ao apresentar uma fotografia de quem seriam os mesmos, o texto original e o didático também oferecem a possibilidade de mostrar que tais cientistas representam pessoas normais e não correspondem ao estereótipo criado sobre eles (relacionado à uma imagem de que todo cientista é ‘louco’, ‘usa jaleco’ e ‘fica inserido em laboratório’). Um dado semelhante foi percebido por Rocha e Vargas (2016) durante a análise de NdC presente na revista *Scientific American Brasil* acerca do tema ‘Evolução Biológica’. Estes autores notaram que a maioria dos textos

analisados apresentava a ciência como parte de uma construção histórica e não como uma ‘verdade absoluta’. Vale a pena lembrar que este tipo de imagem da ciência retrata como ela realmente é: um elemento indissociável de diversas questões (sociais, culturais, históricas, tecnológicas, etc.).

O décimo oitavo texto (T18) apresentou elementos que mostraram os embates a respeito da ciência. O texto em si envolve as discussões políticas e éticas sobre a utilização de células-tronco embrionárias para estudos científicos, que são evidenciadas em grande parte do texto original e didático: *“Isso aconteceu por força da Ação Direta de Inconstitucionalidade proposta pela Procuradoria-Geral da República, que entendia ser inconstitucional a destruição de seres humanos em sua forma embrionária.”*. Pôde-se perceber que o T18 também induz (por meio de comprovações do autor) que tal uso destas células não são benéficas e que outra solução para estes problemas seriam a utilização de células-tronco adultas, com efeitos multipotentes:

mostrei-lhes que as experiências com células embrionárias geravam tumores e rejeição nas experiências realizadas com animais. Isso não acontecia, porém, nas experiências de reprogramação celular de Thompson e Yamanaka, por serem células do próprio organismo.

A presença de trechos que evidenciam os ‘dois lados’ de questões científicas mostram também as visões problemáticas em que a ciência está relacionada e seus possíveis embates. Isto revela uma ciência pautada e construída com base em atividades humanas e, portanto, sendo um elemento passível de erros e discussões (BRICCIA; CARVALHO, 2011).

O texto presente em T19 (assim como T16) retirou fragmentos importantes como o nome da pesquisa, a instituição onde ela foi desenvolvida, os cientistas envolvidos, além da amostragem e dos resultados (Quadro 30). Mas, percebeu-se que T19 apresenta, com outras palavras, tais dados que foram retirados e cita em diversos momentos, que o estudo foi realizado por pesquisadores/cientistas. Isto fica claro nos seguintes fragmentos: *“Os pesquisadores sabem há bastante tempo... Uma pesquisa publicada na revista The Lancet Oncology [...] mostra...”* e *“Os cientistas mediram o comprimento dos telômeros de todos os participantes antes do início do estudo e após cinco anos. Como resultado, descobriram...”*.

No último parágrafo, T19 também manteve a fala de um pesquisador que afirma a importância do estudo:

Se confirmarmos esses resultados em estudos de grande escala, vamos ser capazes de provar que mudanças globais no estilo de vida podem reduzir significativamente o risco de uma grande variedade de doenças e mortalidade

prematura, diz Dean Ornish, pesquisador da Universidade da Califórnia, nos Estados Unidos, e autor do estudo.

De acordo com Vital e Guerra (2014, p.228) “Um ensino de ciências que tenha por pressuposto discutir a NdC é um ensino reflexivo, um ensino que pretende trazer aos alunos reflexões e problematizações sobre a ciência”. Em outras palavras, as autoras ressaltam a importância de se discutir os aspectos da NdC no ensino de ciências a fim de que os estudantes possam refletir sobre a utilização do conhecimento científico. Para isto, o ambiente escolar, mais especificamente as salas de aula, devem ser capazes de gerar questionamentos ao invés de serem consideradas como ambientes cujo os saberes da ciência são transmitidos de forma unilateral.

Desta forma, consideramos importante a apresentação do estudo desenvolvido, seus resultados e relevância, embora saibamos que a ausência dos nomes dos demais pesquisadores também prejudica e causa impactos nas visões relacionadas à ciência. Neste sentido, pode-se dizer que o T19 foi considerado como um texto que evidencia os métodos de construção do conhecimento científico, por apresentar um caráter provisório do conhecimento científico. Esta classificação se deve pelo fato deste texto apresentar uma novidade, um dado novo em relação aos estudos com telômeros e a possibilidade de reverter o envelhecimento celular, ou seja, que tal envelhecimento pode ser evitado ou retardado.

O T20 apresentou uma visão de ciência que evidencia o processo de construção do conhecimento científico. Isto ocorre porque este texto apresenta o nome de um historiador (Gregory Radick) que retrata que outros pesquisadores que contestaram o trabalho desenvolvido por Mendel, como no seguinte fragmento: *“É o que conta Gregory Radick, historiador da Universidade de Leeds (Reino Unido), em artigo na Science.”*. Notou-se também que houve uma preocupação em apresentar as conclusões destes cientistas sobre os dados estatísticos Mendel, como no caso de Raphael Weldon: *“Weldon aplicou técnicas estatísticas aos dados e concluiu que eles estavam arrumadinhos demais – o esperado seria haver desvios estatísticos mais claros em relação ao resultado previsto pela teoria.”*.

Em outro momento, o texto menciona que está tratando de uma controvérsia sobre Mendel e que este tipo de abordagem ainda é raro nos materiais didáticos: *“Por incrível que pareça, a controvérsia existe desde o começo do século passado, ainda que livros didáticos não costumem mencioná-la.”*. Além disso, o autor utiliza-se que perguntas retóricas que levam o leitor a refletir sobre este debate: *“E se os resultados*

seminais desse sacerdote da atual República Tcheca, conhecido como o pai da genética moderna, na verdade fossem meio esquisitos? E se o título mais adequado para ele fosse o de pai da má conduta científica moderna?”. Autores como Praia, Gil-Pérez e Vilches (2007) defendem a necessidade de se evidenciar o papel do pensamento divergente nas investigações. Segundo eles, o raciocínio não é estimulado com base em certezas e evidências, mas sim a partir de hipóteses baseadas em conhecimentos adquiridos, pois são estas que irão orientar a busca de informações. Com isto, ressaltamos a importância da abordagem de questões controversas para o processo de ensino-aprendizagem, assim como as contribuições para uma visão de ciência não neutra, com discussões e debates.

Em relação ao T24, observou-se que o texto original retratou diversos elementos que caracterizavam a ciência ao apresentar informações referentes à instituição que produziu esta pesquisa: *“New research from North Carolina State University and Reed College shows...”* e o local onde o estudo foi publicado: *“The findings, which appear in Science, were surprising.”*, que também foram mantidos para o LD. Porém, por outro lado, percebeu-se que o texto didático realizou substituições e eliminações de dados importantes, como no caso da seguinte descrição de pesquisadores: *“Nadia Singh, an assistant professor of biological sciences at NC State, and her colleague and co-author of a paper describing the work, Todd Schlenke of Reed College, wanted...”*, que foi substituída pelo termo *“Os pesquisadores”*.

Além disso, a fala de um dos cientistas foi alterada da sua fonte original e detalhes do estudo original- como o título da pesquisa, seu resumo e as contribuições de outros autores- também foram excluídos do LD (Quadro 37). Neste sentido, afirmamos que estes dados poderiam ter sido incluídos pelo autor do LD, pois em concordância com Praia, Gil-Pérez e Vilches (2007, p.147) limitar a aprendizagem tendo como base apenas a transmissão do conhecimento pode ocasionar em “obstáculos para movimentos de renovação no campo da educação científica.”. Reforçando esta ideia, Briccia e Carvalho (2011) afirmam que o conhecimento científico necessita ser destacado a fim de se obter um melhor entendimento sobre a ciência e suas associações com diversas questões (tecnológicas, sociais, ambientais). Segundo estas autoras, isto poderia desmistificar diversas visões pela qual a ciência ainda é vista (visões rígidas, prontas infalíveis, entre outras).

Contudo, também podemos afirmar que o texto didático apresentado em T24 manteve a descrição da pesquisa, seu objetivo e apresentou os resultados observados

pelos pesquisadores. Isto mostra uma preocupação em retratar o estudo e explicá-lo, já que tal conteúdo representa uma curiosidade para os leitores (que as moscas-da fruta, quando se sentem ameaçadas, produzem uma prole mais diversificada) e retrata um caráter provisório da ciência, no sentido de que esta novidade, até então, não era conhecida pelo público.

4.1.2.2 Textos que apresentavam visões distorcidas da ciência

Nesta subcategoria, levamos em consideração os textos que eliminavam dados relacionados à ciência, de suas fontes originais para os textos didáticos, e textos que não citavam características referentes à NdC em ambas as fontes. Deste modo, utilizamos algumas classificações propostas por Gil-Pérez, *et al.*, (2001) para nortear e auxiliar a desmembrar os textos, como: visões aproblemáticas e ahistóricas, visões exclusivamente analíticas e visões individualistas e elitistas.

O texto 4, apresentou uma visão distorcida da ciência ao retirar os dados referentes à pesquisa realizada: *“A pesquisa foi publicada online neste dia 12 de novembro pela revista científica Cell, e estará na edição impressa do dia 19. A Cell é o periódico de maior índice de impacto nas áreas de biologia molecular e bioquímica, de acordo com a medição Thomson-Reuters.”*. Pode-se observar que o autor do LD retira a relevância da revista científica *Cell* nas áreas de Biologia Molecular e Bioquímica. Conforme observado por Passeri, Aires e Rocha (2017) e Souza e Rocha (2014), também notou-se alterações da visão NdC de um texto para o outro após a retirada de falas de pesquisadores. Tal mudança observada tantos pelos autores supracitados quanto por nós durante a análise de T4 mostrou uma visão negativa da ciência, onde as técnicas utilizadas e os procedimentos dos estudos não são contemplados pelo leitor, evidenciando uma visão mais analítica e aproblemática da pesquisa.

O oitavo texto (T8) apresentou os dados da pesquisa sobre o veneno da vespa (como ele atua), as instituições de ensino que estavam participando deste estudo e a fala de um dos pesquisadores do projeto, observados no terceiro e quarto parágrafo do texto didático (Quadro 14). Porém, por outro lado, o autor do livro exclui a importância desta pesquisa, presente no seguinte fragmento da fonte original *“A descoberta é especialmente excitante porque pode dar início a uma classe inteiramente nova de tratamento anticâncer”*. Também foi eliminada uma informação que representava a continuidade deste estudo: *“Agora, os pesquisadores devem continuar investigando as*

propriedades do veneno para que ele finalmente possa ser utilizado para fins terapêuticos.”. Este dado eliminado mostrava a ciência como parte de um processo em construção e não como um dado meramente pronto. Além disso, este fragmento evidencia que tais estudos necessitam ser aperfeiçoados para atenderem a outros fins (neste caso, para fins terapêuticos). Portanto, T8 apresentou uma visão distorcida de NdC por retratá-la com uma “visão cumulativa de crescimento linear dos conhecimentos científicos” (GIL-PÉREZ, *et al.*, 2001), que está relacionada com uma visão simplista do conhecimento científico pelo fato de não detalhar e evidenciar a importância deste estudo e por retirar o seu local de publicação.

No caso de T9, o texto cita, em um determinado momento, o nome do pesquisador e o local onde esta pesquisa foi desenvolvida, assim como uma das falas do responsável pelo projeto: *“Uma técnica criada pelo pesquisador Marcelo Morales, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), é pioneira no mundo. “As células-tronco modularam o processo inflamatório e acabaram por impedir a evolução desse processo”, diz*”. Por outro lado, percebeu-se também que outras falas do cientista citado anteriormente são retiradas, como pode ser visto no seguinte fragmento: *“... Em um estágio intermediário, o paciente já poderá vir a se beneficiar da terapia, diz Morales.*”. Além disso, notou-se que o autor do LD também retirou a informação que afirma a presença de outros estudos que poderão auxiliar no tratamento de doenças respiratórias: *“Grupos de pesquisa da UFRJ têm estudado ainda o uso de células-tronco em outras doenças respiratórias, como asma e lesão pulmonar aguda. Os resultados obtidos até o momento foram positivos.*”. Desta forma, assim como o texto anterior (T8), considerou-se que T9 apresentou o conhecimento científico de forma deturpada, pois o mesmo não evidenciou, de maneira abrangente, como a ciência tem sido feita. Complementando o que foi observado em T9, Praia, Gil-Pérez e Vilches (2007, p.147) afirmam que “visões empobrecidas, distorcidas, afectam tanto a natureza da ciência como a da tecnologia, e devem ser abordadas conjuntamente”, ou seja, a ciência deve ser retratada de forma indissociável de suas questões e contextos, juntamente com seus aparatos tecnológicos e explicitando seus estudos.

O décimo segundo texto (T12) apresentou uma visão distorcida de NdC, uma vez que ambos os textos (original e didático) não apresentaram dados relacionados à pesquisa e não mostraram o processo de construção do conhecimento científico, ou seja, uma visão exclusivamente analítica. O T12 é explicativo e informativo e descreve como o coquetel de medicamentos atua a fim de impedir a proliferação de células cancerosas.

Vale lembrar que T13 foi classificado igualmente ao T12, uma vez que este texto não apresenta nenhum tipo de informação sobre pesquisas e estudos referentes ao câncer. Acredita-se que estas informações não foram encontradas pelo fato deste texto ser considerado apenas informativo, com o intuito de esclarecer conceitos. Portanto, estes dois textos (T12 e T13) mostram uma visão de ciência socialmente neutra, pois o conteúdo é retratado sem nenhum tipo de ligação com os processos históricos, tecnológicos e sem perspectivas de estudos e investigações. Isto contrapõe os resultados observados por Rocha e Vargas (2016) durante a análise da revista de DC *Scientific American Brasil*. De acordo com estes autores, a maioria dos textos não apresentou a ciência como uma ‘verdade absoluta’, e isto demonstrou que houve uma preocupação por parte dos autores dos textos da revista em mostrar para o leitor a forma como aquele conhecimento foi produzido.

Em relação a T14, notou-se que o texto do LD retirou trechos relacionados ao local de publicação da pesquisa original e a sua importância: *“A descoberta, divulgada na publicação científica "Cell", marca um novo passo no uso de células-tronco na medicina regenerativa.”*. Em outro momento, o autor do LD também retirou a autoria da fala do pesquisador que coordenou o estudo no último parágrafo de T14: *“... (em recipientes de laboratório), disse o líder do estudo, Mitinori Saitou, professor da Universidade de Kyoto.”*. Além disso, outras falas deste mesmo cientista não foram aproveitadas no livro e uma informação sobre a pesquisa não foi relatado: *“Segundo Saitou, será necessário realizar mais estudos por causa do abismo entre pesquisas com animais e humanos.”*. Nesta última frase, percebeu-se a retirada de um dado importante relacionado a ciência. Ela é retratada como parte de um processo em construção, que ainda requer pesquisas e que o experimento realizado necessita ser aprofundado e melhor estudado. Portanto, o T14 não apresentou estes desafios e informações sobre o conhecimento científico, corroborando para uma visão de ciência ahistórica e aproblemática. Em concordância com diversos autores, Praia, Gil-Pérez e Vilches (2007) afirmam que o ensino de ciências, muitas vezes transmite visões deturpadas sobre o conhecimento científico, e desta forma, o mesmo acaba sendo responsável pelo desinteresse e pela dificuldade no processo de ensino-aprendizado dos jovens.

O T15, que representa um texto complementar ao T14 (já que o estudo foi realizado pela mesma equipe de cientistas japoneses da universidade de Kyoto), foi considerado igualmente ao texto anterior por não corroborar com os aspectos da NdC. Observou-se que trechos que abordavam as possíveis aplicações do estudo foram

excluídos, como: “*Se a técnica realmente puder ser aplicada em humanos— o que ainda deve demorar um bocadinho, as implicações serão grandes*”; “*Ou seja: casais do mesmo sexo poderiam ter um filho biológico, carregando 50% dos genes de cada genitor.*” e “*... Surgiria a possibilidade de criar óvulos de mulheres de qualquer idade, mesmo após a menopausa. Quem retirou os ovários devido a um câncer também se beneficiaria.*”. Isto implica em retratar uma visão analítica e simplista da ciência, causando interferência no entendimento do leitor, já que o propósito da experiência foi excluída. Em outras palavras, ao retirar estes dados (que também podem ter sido considerados polêmicos pelo autor para serem discutidos em sala de aula), o aluno passa a dispor de uma informação científica sem qualquer relação e implicação com o seu meio social, sem saber do impacto daquela investigação no seu cotidiano.

O T15 também eliminou um fragmento presente na fala de uma pesquisadora sobre o estudo desenvolvido, que relata, mais uma vez, que a ciência não é constituída de dados prontos: “*Eles conseguiram um feito incrível, mas o trabalho não explica como algumas etapas foram feitas. O próprio grupo ainda precisa desvendar como alguns dos mecanismos funcionam*”, diz.”. Por fim, o texto não evidencia a questão ética relacionada com o uso de células-tronco para originar espermatozoides: “*A técnica, porém, já ligou um sinal amarelo devido a um dilema ético. Em tese, pela regressão a um estágio tão primordial de desenvolvimento, seria possível manipular as células para dar origem a espermatozoides.*”, ou seja, a partir da leitura de T15, o leitor não infere que há questões controversas sobre a utilização de células-tronco. Em concordância com Vital e Guerra (2014), tentar proporcionar uma aprendizagem pautada nos conhecimentos científicos é considerado tão importante quanto relatar o contexto e o interesse em que estes saberes da ciência estão inseridos. Em outras palavras, isto significa que da mesma forma que este conhecimento é capaz de levar a informação para este público, não abordá-lo de acordo com seus métodos de construção seria desfavorecer a aprendizagem de um conhecimento de forma integral.

O texto original de T16 apresenta diversos elementos que caracterizam a visão de NdC. Porém, durante a sua reelaboração para o texto do LD, diversos fragmentos referentes a estas características de ciência são modificados. Primeiramente, há a retirada de dados referentes à pesquisa original, como o nome e local de publicação da pesquisa, assim como dos nomes dos pesquisadores que realizaram o estudo (Quadro 24). A importância da pesquisa também foi eliminada: “*A nova pesquisa é importante porque demonstra que a técnica de transferência nuclear também é válida...*”. O texto

do LD também retratou apenas o nome de um pesquisador (Shinya Yamanaka) que realizou um estudo com células-tronco em 2006, porém, vale lembrar que na atual pesquisa, nenhum dos cientistas é citado: *“Em 2006, o cientista japonês Shinya Yamanaka conseguiu criar um tipo artificial de célula-tronco...”*. Apesar deste pesquisador não estar diretamente relacionado com o estudo mais recente, tal fragmento transmite uma ideia de ‘gênios isolados’ apresentada por Gil-Pérez *et al.*, (2001), onde a ciência é vista como um elemento individualista e elitista, para poucos. Isto também desmerece o trabalho de outros pesquisadores que auxiliaram em tais pesquisas.

Por outro lado, o T16 também mantém um trecho que explica como a técnica foi utilizada: *“A nova pesquisa utilizou uma técnica chamada transferência nuclear de células somáticas. Nela, o material genético...”* e mantém um fragmento que mostra a falibilidade da ciência: *“Durante mais de dez anos de estudos, os pesquisadores falharam na busca por células embrionárias.”*. Isto foge de uma visão deturpada da ciência, vista como rígida, exata e infalível, segundo Gil-Pérez *et al.*, (2001). Este trecho mostra que a ciência, enquanto atividade humana, ainda pode ser falha. Apesar de manter poucos fragmentos importantes, grande parte da pesquisa original é retirada de T16, ou seja, este texto apresentou mais visões distorcidas (como visões individualistas, aproblemáticas e ahistóricas) sobre a ciência.

Em T21 pôde-se observar que, embora haja pontos em que os autores de ambos os textos evidenciam a fala de um dos cientistas e onde este estudo foi publicado (como na frase: *“Muitos genes salientados no estudo, publicados na revista Nature Genetics, são,...”*), no trecho a seguir, percebe-se que o autor do LD excluiu dados de uma pesquisa referente ao genoma: *“Neste domingo (5), foi publicado o maior estudo já feito sobre o assunto, com análise de dados de genoma de mais de 250 mil pessoas que levou à identificação de cerca de 700 variantes genéticas...”*. Em seguida, após a fala de um pesquisador, notou-se que a formação acadêmica do mesmo também foi suprimida no LD: *“... disse o Dr. Joel Hirschhorn, geneticista e endocrinologista pediátrico do Hospital Infantil de Boston e do Instituto Broad do Massachusetts Institute of Technology e da Universidade de Harvard.”*.

Ainda sobre T21, a ideia de ‘gênios isolados’ apresentada por Rocha e Vargas (2016) foi encontrada no texto analisado, como a exclusão da fala de outro pesquisador que participou da pesquisa (Timothy Frayling), mantendo apenas o nome de um cientista, o Dr. Joel Hirschhorn. Este aspecto pôde ser encontrado na seguinte frase suprimida:

Os pesquisadores disseram que há muito mais a aprender. ‘Encontramos as variantes genéticas - os pedaços de DNA que variam de pessoa para pessoa - que respondem por 20% do componente genético para variação normal na altura’ disse o geneticista Timothy Frayling, da Universidade de Exeter, no Reino Unido.

Segundo os autores supracitados, este termo de ‘gênios isolados’ reforça a ideia de ciência direcionada a uma elite intelectual, composta por mentes brilhantes, podendo distanciar o estudante da área científica. Este parágrafo retirado também afeta o entendimento do leitor para uma possível continuidade da pesquisa, fornecendo uma imagem de ciência pronta e não como um processo em construção. Ao exemplificar os fragmentos acima, pudemos perceber que T21, diferentemente de sua fonte de origem, apresenta uma visão de ciência individualista e elitista, além de apresentá-la de forma aproblemática. Isto deve-se ao fato de que apesar de citar o local de publicação do estudo, o mesmo também mantém uma visão de ciência neutra, uma vez que não exemplifica os estudos realizados pelos pesquisadores (como suas instituições e funções desempenhadas), além de fornecer uma imagem de ciência pronta por não demonstrar a continuidade das pesquisas realizadas.

Com relação ao T22, este texto apresentou uma visão distorcida da NdC, pois ambos os textos (original e didático) não apresentaram nenhuma informação referente às aplicações da ciência. Em concordância com Gil-Pérez *et al.*, (2001), a presença de uma visão empírico-indutivista, ou seja, que mantém a ciência como um elemento neutro, afasta o leitor da forma em que este conhecimento científico é produzido. Portanto, T22 constituiu-se de um texto informativo e com uma visão unicamente analítica, visto que o mesmo buscou retratar os motivos pelos quais a atriz norte-americana Angelina Jolie realizou o procedimento de retirada dos seios. O texto explorou as variantes deletérias nos genes BRCA1 e 2 e suas associações com doenças, mas em nenhum momento retratou os pesquisadores que estiveram por trás desta pesquisa. Contudo, pôde-se notar que em um pequeno trecho, T22 apresentou uma questão política e econômica que estava ‘em torno’ do estudo destes genes: “*Num lance questionável, ambos os genes foram patenteados nos Estados Unidos pela empresa Myriad Genetics. O caso está na Suprema Corte norte-americana.*”. Este pequeno fragmento retrata (implicitamente) que a ciência não está dissociada destas questões (políticas e econômicas) e sempre há um interesse por parte de grandes empresas diante das ‘descobertas científicas’.

O vigésimo terceiro texto (T23), por ser reformulado de um glossário do site da *National Human Genome Research Institute*, não apresentou nenhuma informação relacionada com a NdC e não ‘abre um espaço’ para o questionamento das informações. Esta ausência de tais visões de NdC pode ser explicada pelo fato de tanto o texto original quanto o texto do LD apenas definirem o conceito de gene. Neste caso, a visão apresentada em ambos os textos foi considerada unicamente analítica, já que não há debates científicos, contextos históricos ou dados de pesquisa. Em um caso semelhante, alguns autores da literatura também observaram que durante a reelaboração do texto de DC para o LD, grande parte dos aspectos relacionados à ciência eram perdidos devido às exclusões de trechos e parágrafos, tornando o texto didático com um caráter mais informativo e passível de uma neutralidade, sem estimular reflexões e debates (NASCIMENTO, 2005; PASSERI; AIRES; ROCHA, 2017).

Por fim, vale a pena ressaltar que a grande quantidade de textos encontrados nesta subcategoria de visões distorcidas foi considerada preocupante, já que isto interfere na apropriação de um conhecimento científico adequado para o aluno. Em outras palavras, ao contemplar uma visão de ciência que retira fatos importantes, tal indivíduo depara-se com dados meramente simplistas e analíticos do conhecimento científico, que não estimulam uma interpretação mais crítica da realidade deste cidadão. Nestes casos, o professor deverá desempenhar um papel fundamental durante a aplicação dos textos de DC em sala de aula, ou seja, o mesmo deverá selecioná-los com cuidado e com certa criticidade. Por outro lado, este docente também poderá resgatar tais trechos importantes sobre a NdC que são perdidos durante a reelaboração discursiva dos textos e explorar o potencial daquela informação.

4.1.3- Linguagem

Nesta categoria, analisamos os textos de acordo com a presença de possíveis erros conceituais, termos explicativos, metáforas e analogias (Quadro 41). Vale ressaltar que as analogias são entendidas como uma comparação entre dois conceitos/fenômenos/assuntos que mantém certa relação de semelhança entre ambos. Em outras palavras, a analogia é utilizada como uma forma de estabelecer um paralelo entre um determinado termo com outro, análogo, semelhante a este a qual o leitor/público esteja mais acostumado, facilitando seu entendimento (SILVA; PIMENTEL; TERRAZZAN, 2011). Quando os “conceitos científicos bem conhecidos

são mapeados, pelo discurso comum, para outros domínios mais abstratos a fim de descrever sistemas complexos”, dizemos que este corresponde a uma metáfora (KINOUCI; KINOUCI; MANDRÁ, 2012, p.5). Neste sentido, elas consistem em um recurso linguístico utilizado no processo de construção do saber, onde uma palavra, com sentidos figurados, auxilia na determinação de um conceito. Além disso, a mesma também auxilia na compreensão de termos científicos, tentando desfazer possíveis abstrações de conceitos (GOLDBACH; EL-HANI, 2008; SOUZA; ROCHA, 2014).

Quadro 41: Número total de textos por elementos da linguagem analisados.

ELEMENTOS ANALISADOS	TEXTOS	Nº TOTAL DE TEXTOS
Termos explicativos	T3; T4; T5; T6; T7; T9; T10; T13; T16; T18; T19; T22; T23; T24	14
Metáforas	T2; T7; T11; T17; T18; T20; T24	07
Analogias	T1; T7; T10; T12; T19	05
Erros conceituais	T5; T9 e T20	03

Ainda nesta categoria de análise, foram considerados os traços do discurso apresentados por Zamboni (1997) já citados anteriormente. O quadro abaixo (Quadro 42) indica que estes textos presentes no livro possuíam, em sua maioria, traços de laicidade e didaticidade.

Quadro 42: Traços do discurso por texto didático.

TRAÇOS DO DISCURSO	TEXTOS	Nº TOTAL DE TEXTOS
Laicidade	T1; T2; T3; T4; T5; T6; T7; T8; T9; T10; T11; T12; T13; T14; T15; T16; T17; T18; T19; T20; T21; T22; T24	23
Didaticidade	T4; T5; T6; T7; T9; T10; T13; T16; T18; T19; T23; T24	12
Cientificidade	T4; T6; T8; T9; T10; T11; T16; T17; T19; T24	10

Este dado apresentado acima reforça ainda mais o fato de que a DC consiste em uma reformulação de discursos e que a mesma necessita apresentar uma linguagem inteligível e próxima do público para o qual ela é destinada. Além disso, percebeu-se que muitos textos apresentam mais de um discurso, o que reforça a ideia de que o LD consiste em um discurso distinto e híbrido da DC.

O texto presente em T1 não apresentou erros conceituais. Porém, tanto este texto quanto sua fonte original apresentaram uma analogia que pode ser observada no

seguinte fragmento: “... *processo que acontece nas mitocôndrias, espécie de usina energética das células...*”. Nesta frase, as mitocôndrias são comparadas a uma usina energética, pelo fato de serem responsáveis pela respiração e pela produção de energia celular. De acordo com Souza e Rocha (2015a), a presença de analogia nos textos por eles analisados serviram para facilitar a compreensão de determinados conceitos científicos, assim como foi observado em nosso texto T1.

O segundo texto (T2) apresentou uma metáfora no seguinte fragmento: “*A ideia é tirar a ciência do armário*”, evidenciando que a ciência merece ser explorada e divulgada e não deve ser ‘guardada’ apenas para uma pequena parcela da população. Nos trechos “*A máquina tira uma espécie de foto*” e “*O DNA das células é separado e fica misturado em um líquido verde*” percebeu-se que tanto o texto didático quanto a fonte original buscaram simplificar o vocabulário e facilitar a compreensão do público a partir de palavras conhecidas do dia-a-dia do leitor, como ‘máquina’, ‘foto’ e ‘líquido’, tornando o conteúdo mais simplificado, ao invés de utilizar-se de termos científicos próprios para tais procedimentos. Esta aproximação com o vocabulário utilizado no cotidiano também foi notado por Ferreira e Queiroz (2011) ao analisar aspectos da linguagem de artigos retirados da revista científica *Ciência Hoje*, os quais estão relacionados com o ensino de química. Segundo as autoras, este tipo de recurso visa garantir o entendimento do leitor com o tema científico que se deseja explicar. Assim como T1, este texto não apresentou erros conceituais.

Conforme observado, T3 não se utilizou de recursos linguísticos como metáforas, analogias, nem apresentou erros conceituais. Porém, notou-se que T3 apresentou uma pequena explicação (descrição) sobre a pesquisadora (Rosalind Franklin), que foi mantida no primeiro parágrafo do texto didático: “... *como o de Rosalind Franklin, integrante da equipe de Wilkins no King's College de Londres.*”. O texto também se utilizou de uma pergunta retórica no seguinte fragmento: “*Até onde Franklin chegou na interpretação das imagens que obteve do DNA?*”. Este tipo de interlocução direta entre o narrador e leitor busca uma maior participação deste público nos assuntos vinculados à ciência (FERREIRA; QUEIROZ, 2011). Além disso, acredita-se também que estas indagações são capazes de gerar reflexões sobre o tema e de conduzir na interpretação daquele conteúdo.

O T4 apresentou apenas dois termos explicativos referente à distrofia muscular e à sua proteína, distrofina. Esta explicação pode ser observada no seguinte fragmento: “*A distrofia é causada por uma falha no gene que produz a distrofina, uma proteína*

fundamental para manter a fibra muscular inteira. A falta dessa proteína leva à perda progressiva de musculatura...”. Os termos explicativos foram observados em outras pesquisas como na análise de Nascimento (2005). Segundo a autora, as explicações podem estar dispostas em pequenos fragmentos ou até em parágrafos inteiros, aproximando-se das explicações dispostas no discurso didático.

Em T5, foi observado apenas um termo explicativo sobre transfusões homólogas: “... *realizando transfusões homólogas (entre animais da mesma espécie)...*”. Além disso, notamos a presença de um erro conceitual, o qual foi ajustado para o texto didático. O erro consiste na utilização da palavra ‘coagular’ ao invés da palavra ‘aglutinar’. De acordo com o dicionário brasileiro, a palavra ‘coagular’ transmite a ideia de solidificação do sangue. Este termo geralmente é utilizado para explicar o processo de cicatrização de determinados ferimentos. Já a palavra ‘aglutinar’ está mais próxima da palavra ‘aglomerar’, ‘unir’, sendo mais aplicável para explicar a diferença e variabilidade dos sistemas sanguíneos. O fragmento do texto didático deixa claro a inserção e a exclusão destas palavras: “*observou que o [...] sangue de uma pessoa muitas vezes [...] [aglutina] ao ser misturado com o de outra...*”. Os erros conceituais também foram encontrados na pesquisa de Souza e Rocha (2017a). Segundo estes autores, tais erros podem influenciar e prejudicar o aprendizado de diversos conceitos científicos. Vale lembrar que as metáforas e analogias não foram observadas neste texto.

O texto 6 apresentou dois termos entre aspas: “*espermatózoide feminino*” e “*descendência artificial*”. Possivelmente estes termos são retratados desta forma, pois correspondem a termos científicos incomuns e contraditórios (uma vez que espermatozoides originam-se de células masculinas e, portanto, não podem ser chamados de femininos) e ao fato de que a descendência seria um processo natural determinado a partir dos genes. Acredita-se que o autor do texto original apresentou tais termos para chamar atenção para os estudos destas pesquisas e para a possibilidade de manipular as células sexuais e conseqüentemente a descendência. Este texto apresentou também termos explicativos referentes ao cromossomo Y: “*a partir de células femininas, que carecem do cromossomo Y - aquele que possui os genes que determinam o sexo masculino.*”. Estes termos também foram observados por alguns autores como Kemper, Zimmermann e Gastal (2010), Nascimento (2005) e Souza e Rocha (2017b) com o objetivo de tornar a informação mais clara e concisa.

Em T7, notou-se a presença de metáforas, analogias e termos explicativos. A primeira foi encontrada no trecho *“o arroz dourado seria um cavalo de Troia”*, no sentido de que o alimento conquistaria a população, mas também representaria em grandes benefícios para as empresas e corporações. Durante sua pesquisa com textos de Genética, Nascimento e Martins (2005) observaram a presença de metáforas nas palavras ‘receitas’, ‘instruções’ e ‘fabricar’ para explicar a função dos genes. Segundo as autoras, este recurso serviu para facilitar a compreensão do aluno a partir da utilização de termos conhecidos no seu cotidiano. Já em relação à analogia, ela estava presente no fragmento *“arroz dourado”*, que recebeu este nome devido à sua coloração amarelada devido à presença dos genes do milho e de bactérias que garantem a presença de betacaroteno em sua composição.

Ainda em relação a T7, foi possível observar uma breve explicação no fragmento *“A falta da vitamina A, nutriente vital, causa cegueira em 250 mil a 500 mil crianças por ano.”*, onde a cegueira é apresentada como uma consequência pela falta desta vitamina no organismo humano. Os termos explicativos garantem um traço didático ao texto por aproximarem os conceitos da realidade do aluno (SOUZA; ROCHA, 2017b). Outro ponto observado neste texto é a presença da sigla OGM (Organismos Geneticamente Modificados), que não está acompanhada de seu significado. Vale lembrar que o texto original apresentou tal conceito, porém, ao realizar uma exclusão de um parágrafo que continha tal explicação, o autor do LD apenas reproduziu tal abreviação e não apresentou o cuidado de verificar se esta sigla poderia causar incompreensão por parte do leitor. A hipótese para o ocorrido deve-se ao fato do autor do LD ter apresentado tal sigla durante o capítulo em questão (de biotecnologia).

O oitavo texto (T8) não utilizou recursos linguísticos como metáforas e analogias ou termos explicativos. Neste caso, foram observadas pequenas simplificações de vocabulário, como o seguinte fragmento: *“... a toxina abre furos nas células... De acordo com João Ruggiero Neto, da Unesp, co-autor da pesquisa, esses buracos levam ...”*. Notou-se também a presença da primeira pessoa do plural no trecho *“Mas uma nova descoberta científica revelou que temos sido injustos com as vespas.”*. Isto indica segundo Ferreira e Queiroz (2011), uma tentativa do autor de se aproximar do leitor a fim de mostrá-lo ‘algo em comum’, ou seja, as similaridades observadas entre suas vidas cotidianas. O mesmo ocorre quando a palavra ‘você’ é encontrada

nestes textos visando estabelecer um possível diálogo com o leitor (NASCIMENTO, 2005).

Em T9 observou-se a presença de apenas um termo explicativo relacionado à doença em questão (silicose pulmonar): *“A silicose pulmonar é uma doença causada pela inalação da poeira de sílica...”*. Além disso, notou-se que em relação ao texto original, outra explicação é retirada e não é aproveitada no texto didático. Trata-se do significado de células-tronco (quadro 15). Acredita-se que este descarte foi realizado, uma vez que o texto está inserido no capítulo de compartimentos celulares, onde o enfoque planejado pelo autor teria sido referente à inalação da sílica e ao posterior rompimento de lisossomos.

Ainda em relação a T9, um equívoco foi percebido no texto original e consertado para o texto didático a partir da inserção da palavra ‘*aplicação*’ (quadro 15): *“... O tratamento consiste na ingestão [aplicação], via broncoscopia, de células-tronco adultas....”*. Neste caso, observamos que o emprego da palavra ‘*ingestão*’ não é corretamente aplicado e relacionado com o termo ‘*células-tronco*’, uma vez que esta primeira palavra geralmente é associada à alimentação. Infere-se que tal erro tenha ocorrido na tentativa de simplificar o vocabulário para o leitor. De acordo com Kemper, Zimmermann e Gastal (2010) a presença de erros conceituais pode significar um elemento de grande importância nas discussões em salas de aula, já que proporciona uma maior criticidade aos alunos durante a leitura dos textos, ou seja, estes equívocos também podem ser utilizados no processo de ensino-aprendizagem com o intuito de auxiliar no desenvolvimento de uma leitura mais crítica acerca de determinado assunto.

O décimo texto (T10) apresentou diversos termos explicativos, tais como o significado de DNA: *“... que reparam erros no DNA, a molécula que contém as informações para o desenvolvimento e funcionamento dos seres vivos.”*, enzima: *“...todos ligados a enzimas, proteínas que promovem reações bioquímicas...”* e reparo por excisão de nucleotídeos: *“ Ele descobriu o reparo de excisão de nucleotídeo, que detecta danos extraídos em pedaços maiores da molécula...”*. As explicações também foram observadas por Galieta (2013) tanto no texto original (retirado da revista *Ciência Hoje das Crianças*), que apresentava o termo ‘glândula supra-renal’ quanto no texto didático com o termo ‘glândulas adrenais’.

O texto apresentou também uma analogia ao associar os reparos do DNA com uma caixa de ferramentas, no sentido de que ela visa reparar possíveis erros: *“... descobriram mecanismos que existem em praticamente todos os seres vivos e servem*

como “*caixas de ferramentas*” naturais para consertar esses defeitos que surgem espontaneamente”. Além disso, notou-se que T10 utilizou-se de outras palavras entre aspas. No fragmento “... *na cópia das bases nitrogenadas que compõem as “letras” do código do DNA*”, a palavra ‘letras’ está associada às bases púricas (A e G) e pirimídicas (C, T e U) que compõem o material genético e também, o RNA, e, por último, observou-se a expressão ‘faca de dois gumes’ na fala de um dos pesquisadores e que está relacionada ao fato do reparo de DNA representar algo bom, mas ao mesmo tempo, sua presença em células cancerosas representa algo que deve ser melhor estudado e compreendido. De acordo com Souza e Rocha (2017a) as aspas geralmente são utilizadas pelos autores dos textos com o objetivo de destacar uma palavra conhecida do cotidiano que possivelmente está substituindo um termo científico mais complexo.

O texto encontrado em T11 apresentou uma metáfora ao estabelecer uma comparação implícita em relação às medidas adotadas pelos pesquisadores e ao seu suporte nas pesquisas: “*Muitas outras medidas são muletas, que em longo prazo oferecem pouco sucesso*”, afirma o biólogo Thomas Pietsch...”. Neste caso, a palavra ‘muletas’ está relacionada ao apoio oferecido às pesquisas, e que, segundo o pesquisador, apresentam pouco êxito. Vale lembrar que as metáforas são recursos que auxiliam na compreensão do texto através da utilização de palavras conhecidas do vocabulário do leitor (FERREIRA; QUEIROZ, 2011; KEMPER; ZIMMERMANN; GASTAL, 2010).

Observou-se também uma simplificação apresentada no sétimo parágrafo de T11: “*A nossa prioridade é tentar conservar os animais no seu habitat natural. Se falamos na conservação em zoológicos, já perdemos a batalha...*”. Durante a fala do pesquisador (Colman O’ Criodain), o vocábulo ‘batalha’ resume-se a ideia de luta sobre a preservação das espécies através da clonagem, onde esta última não contribuiria para salvar espécies ameaçadas.

O T12 não apresentou muitos recursos linguísticos. A seguinte analogia “*antimetabólitos atacam como espiões infiltrados. Eles imitam a estrutura de elementos da célula cancerosa, tomando o lugar da original.*” foi encontrada apenas no texto original, e não foi reaproveitada para o texto didático. Nela, uma comparação é estabelecida entre ‘antimetabólitos’ e ‘espiões infiltrados’, no sentido de que os mesmos ‘enganam’ a célula cancerosa. Segundo Rocha e Vargas (2015, p.7) a função desempenhada pela analogia consiste em uma “tradução do saber científico.”. Em outras palavras, entendemos que este recurso visa simplificar determinados termos científicos

a partir do estabelecimento de comparações entre estes termos e vocábulos geralmente conhecidos e utilizados no cotidiano.

Ainda em relação ao fragmento citado acima, pôde-se perceber que o autor do texto original utiliza a palavra ‘imitam’ para explicar o processo realizado pelos antimetabólitos ao invés de utilizar-se de termos científicos próprios para explicar este item.

Notou-se que o T13 não apresenta metáforas, erros conceituais ou analogias. Porém, este texto utiliza-se de diversos termos explicativos. No primeiro parágrafo é mantida a definição (explicação) de fatores de risco e acrescenta-se o que são fatores de prevenção (Quadro 20). Além disso, o T13 explica o que é o período de latência: *“Por isso é importante considerar o conceito de período de latência, isto é, o tempo decorrido entre a exposição ao fator de risco e o surgimento da doença.”* e diferencia doenças crônicas de exposição única e exposição contínua: *“Nas doenças crônicas, as primeiras manifestações podem surgir após muitos anos de exposição única (radiações por exemplo) ou contínua (no caso da radiação solar ou tabagismo) aos fatores de risco.”*. Vale a pena lembrar que os termos explicativos são encontrados por diversos autores durante a análise da linguagem de textos de DC, inclusive por Nascimento (2005). Ao analisar um texto referente à clonagem, esta autora notou que o termo ‘óvulo’ era acompanhado de sua explicação.

Observou-se também que algumas palavras eram acompanhadas de seus sinônimos, possivelmente em uma tentativa do autor de garantir o entendimento da informação, como nos seguintes trechos: *“... podem estar envolvidos na origem (gênese)...”* e *“a multicausalidade é frequente na formação do câncer (carcinogênese)...”*.

O T14 não apresentou metáforas, analogias ou erros conceituais. Este texto retirou dois termos explicativos apresentados no texto original. Um deles tratava do significado de células-tronco: *“As células-tronco são as células-mãe do corpo e fonte de todas as células e tecidos.”*. Já a outra explicação que não foi reaproveitada foi em relação às células germinativas: *“células germinativas primordiais de humanos [células que se transformam em óvulos ou espermatozoides]”*. Vale lembrar que estas retiradas não corroboram com o que foi observado por Nascimento (2005) durante a reelaboração de um texto de DC para o LD (uma vez que os mesmos são mantidos) e por Souza e Rocha (2014), onde estes autores perceberam que durante este processo realizado entre

os textos, o LD acrescentou explicações sobre os termos que não estavam presentes na fonte original.

O T15 excluiu de seu texto didático duas metáforas que visavam facilitar a compreensão do estudante. No trecho descartado “... *as iPS, que são células adultas “convencidas” por técnicas de laboratório a voltar a um estágio semelhante ao embrionário*”, a palavra entre aspas é empregada no sentido de induzir a célula, através de técnicas laboratoriais, a voltar para um estágio primitivo. Na segunda metáfora excluída “... *células germinativas primordiais, que possuem uma “personalidade” celular ainda muito básica*”, notou-se novamente a presença de palavras entre aspas. Neste exemplo, ‘personalidade’ está associada ao comportamento da célula germinativa. Este recurso da linguagem também foi encontrado por Goldbach e El-Hani (2008) nos textos de DC relacionados ao tema ‘genes’. Os autores perceberam que diversos conceitos eram comparados a diversos temas mais abstratos como ‘manual de instruções’, ‘livro da vida’ e ‘código genético’ e que estas metáforas apresentavam uma grande importância na construção do conhecimento científico.

Por fim, observamos outro termo entre aspas, que desta vez, foi mantido no LD: “*A taxa de nascimento, porém, foi inferior à de filhotes oriundos de óvulos ‘tradicionais’.*”. Vale lembrar que o vocábulo ‘tradicionais’ está relacionado com óvulos que não sofreram nenhum tipo de alteração/ indução celular. Possivelmente este fragmento foi utilizado com a intenção de facilitar o vocabulário, assim como foi percebido por Martins, Cassab e Rocha (2001) durante a análise de aspectos da linguagem entre um texto de DC e o texto encontrado no LD. Estes autores observaram a presença de aspas em determinados termos como ‘adubar’, ‘lixo’ e ‘enfeita’ também sinalizam para uma leitura metafórica destes vocábulos, uma vez que estes são utilizados para simplificar ideias e tornar o texto mais claro.

No caso observado em T16, há a retirada de um termo explicativo presente no texto original referente às células-tronco: “*As células-tronco embrionárias são capazes de se transformar nos diversos tipos de células que compõem um organismo*”. Acredita-se que, inicialmente, o autor optou por retirar o significado de células-tronco, possivelmente pelo fato do capítulo onde o texto foi retirado (capítulo 12) realizar este destaque para este tipo celular. Em outro momento, este mesmo texto mantém uma explicação sobre as células-tronco pluripotentes, como pode ser observada no trecho “*Em 2006, o cientista japonês Shinya Yamanaka conseguiu criar um tipo artificial de célula-tronco, produzido a partir de alterações genéticas em células adultas normais.*

São as chamadas células-tronco pluripotentes induzidas.”. Os termos explicativos são constantemente encontrados nestes textos de DC presentes no LD e em suas fontes originais. Eles também foram observados por Souza e Rocha (2017a) em diversos textos analisados, onde conceitos como ‘cascata trófica’, ‘quelíceras’, ‘recuperação de ecossistemas’ (e entre outros) são acompanhados de seu significado. Estas explicações permitem que um leitor que possui um conhecimento científico básico compreenda o conteúdo apresentado nestes textos. Ressalta-se que T16 não apresentou erros conceituais, analogias e metáforas.

Não foram observados erros conceituais, termos explicativos ou analogias em T17. Este texto apenas apresenta uma metáfora encontrada no fragmento “*Agora entendemos que as células maduras não têm por que ficar confinadas para sempre em seu estado especializado*”, disse o instituto.”. É possível perceber que são atribuídas às células o termo ‘confinadas’ no sentido de que as mesmas não precisariam permanecer em um estado especializado. Nascimento e Martins (2005) também notaram a presença de metáforas durante a análise de um texto referente à genética, onde os genes são associados a elementos que contém receitas e instruções, no sentido de que eles controlam as características que poderão ser expressadas.

Em T18, foi encontrada uma metáfora no título “*Células-tronco: o tempo é o senhor da razão*”, onde segundo o autor do texto original, o tempo seria responsável por trazer a verdade sobre a utilização de células embrionárias e adultas. Dentre outros recursos de linguagem, Miceli, Rego e Rocha (2018) também observaram a presença de metáfora em um fragmento de um texto referente à temática da água. Na frase “*O Brasil é uma potência da água*”, o país é comparado com uma potência da água, no sentido de que ele possui tal recurso em abundância. Assim como Souza e Rocha (2017a), estes autores concluíram que as metáforas são utilizadas com o intuito de facilitar o entendimento de determinado termo para o leitor.

Ainda em relação a este texto, encontramos diversos termos explicativos, como o efeito pluripotente das células: “... obter os mesmos efeitos pluripotentes -ou seja, a possibilidade de dar origem a praticamente todos os tecidos do organismo humano.”; o termo ‘teratomas’: “...quando fossem solucionados os problemas de rejeição e formação de teratomas (tumores).” e ‘zigotos’: “...concluindo que o zigoto (primeira célula) é um ser humano.”. Os termos explicativos também foram observados por Rocha e Vargas (2015) na maioria dos textos retirados da revista de DC *Scientific American Brasil* sobre a temática de Evolução Biológica. Dos vinte e quatro textos

analisados por estes autores, vinte e um continham alguma explicação que auxiliava na elucidação de conceitos e ideias.

Além disso, notou-se a utilização da primeira pessoa do singular em diversos momentos: “*Mostrei, inclusive, que...*”; “*Pela CNBB, defendi em 2008 no STF não matar embriões...*”, “*mostrei-lhes que as experiências com células embrionárias...*”. Neste sentido, infere-se que esta presença do autor no texto original e didático também contribui para aproximá-lo do leitor através de um relato da experiência vivida por ele durante o julgamento da constitucionalidade da lei que trata da utilização de células-tronco embrionárias para pesquisas. Reforçando esta ideia, Ferreira e Queiroz (2011, p.359) afirmam que “o narrador constitui um interlocutor também participante, chamado a compartilhar das mesmas emoções”.

Em relação ao T19, observou-se a presença de termos explicativos para telômeros em ambos os textos analisados. Este fragmento é acompanhado de uma analogia entre ‘telômeros’ e ‘ponta de cadarços’: “*Os telômeros são estruturas de proteína localizados no final de cada cromossomo. Eles fornecem uma proteção semelhante à presente nas pontas dos cadarços.*”. Neste caso, esta comparação é estabelecida, pois as pontas dos cadarços geralmente são protegidas a fim de evitar que o mesmo se desfaça.

Em outro momento, este texto retira do LD outra analogia que é estabelecida com relação aos telômeros: “*São as ‘tampas’ das extremidades do cromossomo, uma forma de proteção similar à presente nas pontas de um cadarço de tênis*”. A partir da utilização do vocábulo ‘tampas’, infere-se que os telômeros são comparados com estruturas capazes de proteger os cromossomos. A supressão desta analogia, por sua vez, pode interferir no conhecimento científico do aluno, já que tais comparações são realizadas com a intenção de facilitar o entendimento do leitor sobre determinado assunto a partir de um termo conhecido por ele (neste caso, o vocábulo ‘tampas’).

Em relação ao T20, notamos a presença de diversos elementos que visavam aproximar a informação científica do leitor, como simplificações e a presença de uma metáfora. No início dos textos, há uma simplificação do vocabulário a partir da utilização de dois termos muito comuns nas aulas de genética: “*... aprendendo a juntar “azão” com “azinho” e vislumbrando os mistérios dos genes dominantes e recessivos.*”. Neste caso, sabemos que o ‘azão’ e o ‘azinho’ estão associados aos alelos, e que correspondem a uma forma mais abstrata de mostrar a transmissão das características para determinada prole. Outra simplificação encontrada nos textos diz respeito ao trecho

em que a palavra ‘lisura’ aparece entre aspas: “... *dominante para a “lisura”, como dizemos hoje*”, onde percebemos que este vocábulo está caracterizando as ervilhas que apresentam a textura lisa.

A metáfora, por sua vez, foi observada em dois trechos. Um deles, afirma que o contestador de Mendel, o pesquisador Weldon permaneceu recusando os estudos desenvolvidos com as ervilhas do monge: “*Até sua morte, em 1906, Weldon continuou não engolindo as ervilhas.*”. Em outras palavras, este fragmento utiliza-se do termo ‘não engolindo’ a fim de fazer uma associação ao fato de que o cientista não aceitava aquela pesquisa. O segundo trecho que continha metáfora trata-se da seguinte frase: “... *desse sacerdote da atual República Tcheca, conhecido como o pai da genética moderna...*”, onde o sacerdote em questão (neste caso, Mendel) é considerado o pai da genética, no sentido de que ele foi o precursor dos estudos relacionados à transmissão de características, o que mais tarde, iria contribuir para pesquisas relacionadas ao DNA e à genética, de uma forma mais abrangente. De acordo com Kinouchi, Kinouchi e Mandrá (2012) esta figura de linguagem consiste em comparações que são realizadas em um sentido mais abstrato com o intuito de descrever termos mais complexos.

O T20 também apresentou diversos questionamentos retóricos, como “*Você se lembra do Mendel?*” e “*E se os resultados seminais desse sacerdote da atual República Tcheca, conhecido como o pai da genética moderna, na verdade fossem meio esquisitos? E se o título mais adequado para ele fosse o de pai da má conduta científica moderna?*”. Este tipo de indagação possivelmente foi empregado em uma tentativa de estabelecer um diálogo com o leitor e levá-lo a uma breve reflexão, neste caso, sobre os estudos realizados por Mendel. Acrescentamos ainda a capacidade destas questões em despertar a curiosidade do leitor para o que será abordado no texto, uma vez que este conteúdo busca retratar algo que geralmente não é apresentado nos LDs: a contestação dos experimentos de Mendel.

Este vigésimo texto também apresentou um erro conceitual em ambas as fontes (texto original e no LD). Trata-se de um trecho já citado anteriormente: “... *por carregarem ao menos uma cópia do gene dominante para “lisura”...*”. Ressaltamos que a palavra ‘gene’ foi empregada de forma incorreta, uma vez que o mesmo pode ser entendido como uma parte do DNA responsável por controlar determinadas características. Neste exemplo, a palavra correta seria o termo ‘alelo’, que é entendido como “formas alternativas de um gene, que atua sobre a mesma característica” (FAVARETTO, 2016, p.162). Vale a pena lembrar que o autor do LD sinalizou a

presença deste erro no texto, porém não o modificou. Possivelmente este autor optou por manter este equívoco e sinalizá-lo para que, desta forma, o aluno possa entender este erro e futuramente possa diferenciar estes dois conceitos. Souza e Rocha (2015a) também observaram que alguns textos de DC sobre Sistemática Filogenética apresentavam erros de conceitos e até mesmo incorreções gráficas. Dentre estes erros, os autores perceberam que os gambás foram considerados como mamíferos placentários e não como marsupiais.

O T21 não apresentou metáforas e analogias e, além disso, excluiu dois termos explicativos. O primeiro era referente ao colágeno: *“Alguns estavam relacionadas com o colágeno, um componente do osso...”*. Possivelmente o autor não retratou estas informações pelo fato do texto relacionar os fatores genéticos com a altura de forma superficial (sem se aprofundar em estudos realizados anteriormente à pesquisa e dos genes que estariam relacionados ao colágeno). Já a segunda explicação que foi suprimida tratava sobre as variantes genéticas e estava presente na fala de um dos pesquisadores: *“Encontramos as variantes genéticas - os pedaços de DNA que variam de pessoa para pessoa - que respondem por 20% do componente genético para variação normal na altura, disse o geneticista Timothy Frayling, da Universidade de Exeter, no Reino Unido.”*. Vale lembrar que a omissão destes termos, assim como de outros dados referentes à pesquisa podem impactar negativamente na compreensão do aluno sobre o conteúdo e sobre as suas concepções de mundo, já que não mostra a forma como a ciência e a tecnologia tem se consolidado nos dias atuais. Ainda em relação ao T21, notou-se que os textos não apresentaram erros conceituais.

De forma semelhante ao texto anterior, em T22 não foram observados metáforas, analogias ou erros conceituais. Porém considerou-se que o seguinte fragmento apresentava uma pequena explicação sobre a ideia de estava sendo apresentada: *“A escolha acaba definida pela tolerância ao risco de cada paciente --decisão pessoal e intransferível, para a qual contribuiu, no caso de Jolie...”*. Durante a análise de textos de DC retirados da revista *Ciência Hoje*, Ferreira e Queiroz (2011) perceberam a presença de diversos termos explicativos e de aproximações do vocabulário com o cotidiano do leitor, porém, estas autoras notaram que os termos que apresentavam determinadas definições eram observados com mais frequência. O T22, por sua vez possui um perfil mais informativo do que os demais e desta forma, não apresentou grandes alterações e recursos linguísticos.

O T23 não se utilizou de metáforas e analogias e os erros conceituais não foram observados. Porém, ambos os textos (original e do LD) apresentaram dois termos explicativos. Um deles consistia na definição de ‘genes’: *“O gene é a unidade básica da herança. Os genes são passados de pais para filhos e contêm a informação necessária para especificar características.”*. O segundo termo explicativo tratava de explicar o que eram os cromossomos: *“Os genes estão dispostos, um após o outro, em estruturas chamadas cromossomos. Um cromossomo contém uma única molécula de DNA.”*. Os termos explicativos também foram percebidos de uma forma geral, nas revistas analisadas por Legey, Jurberg e Coutinho (2009) sobre a temática Biologia Celular, onde conceitos como clonagem, células-tronco eram acompanhados de seu significado.

O T24 apresentou apenas uma metáfora e diversos termos explicativos. Em relação à metáfora, esta foi encontrada em ambos os textos no seguinte fragmento (neste caso, retirado do texto didático): *“... as fêmeas ‘aumentam a aposta’ em ter pelo menos alguns descendentes....”*. O termo ‘aumentar a aposta’ está associado ao fato das moscas-das-frutas criarem uma grande diversidade genética entre sua prole.

O primeiro termo explicativo correspondia a uma explicação sobre o significado de haploide, que é mantido da fonte original para o LD: *“Os gametas das drosófilas são haploides, ou seja, possuem apenas uma cópia de cada cromossomo.”*. Outros três termos explicativos que foram observados consistem no acréscimo de explicações apenas no LD. Trata-se do significado de gametas recombinantes, que pode ser observado nas palavras entre colchetes: *“... e 50% de receber um cromossomo recombinante [que sofreu crossing over].”*. Ainda observamos um fragmento que continha uma exemplificação sobre uma condição desfavorável para as drosófilas: *“Já em condições ambientais desfavoráveis (por exemplo, diante da presença de parasitas), pode ser vantajoso...”* e uma explicação sobre as moscas-das-frutas, observado no primeiro parágrafo do texto didático: *“quando moscas-das-frutas (ou drosófilas, da família Drosophilidae) são atacadas...”*. Estes acréscimos de termos explicativos realizados pelo autor do livro evidenciam a sua preocupação em tornar aquela informação mais clara para o seu público leitor, os alunos. Ressaltamos que diversos autores notaram durante a análise de textos de DC e também através da sua reelaboração para o LD, que os termos explicativos se faziam presentes nestes conteúdos, possivelmente em uma tentativa de facilitar a compreensão de um determinado conceito científico e de tornar a informação mais inteligível para o público (FERREIRA;

QUEIROZ, 2011; KEMPER; ZIMMERMANN; GASTAL, 2010; NASCIMENTO, 2005; SOUZA; ROCHA, 2017a).

Por outro lado, também notou-se que dois termos explicativos não foram reaproveitados para o material didático: “*During meiosis, the form of cell division that creates eggs in females and sperm in males, female fruit flies produce...*”. Neste caso, trata-se de um esclarecimento sobre a meiose. O segundo exemplo trata sobre uma definição de alelo: “*... combinations of alleles (versions of particular genes).*”. Acredita-se que esta informação não tenha sido mantida pelo fato do autor optar por não aprofundar tal discussão no livro por considerá-la pertencente ao conhecimento do estudante, uma vez que este conteúdo sobre divisão celular também é ensinado durante o Ensino Médio.

Considerações Finais

Os textos de DC, quando inseridos no ambiente escolar, mais especificamente nos LDs são capazes de auxiliar no desenvolvimento de aptidões, como a leitura e a interpretação crítica de alunos, além de despertar a curiosidade destes jovens por aproximar o conhecimento da ciência da realidade vivida por eles. Deste modo, tais textos tornam-se ainda mais ricos, já que passam a oferecer uma complementação ao material didático, especialmente no que diz respeito à temática de Genética, que envolve questões interdisciplinares de cunho social, cultural, ético, econômico.

Através de nossas análises, realizadas nas duas coleções de LDs de Biologia, pudemos concluir que em relação à reelaboração discursiva, as eliminações foram os elementos observados em todos os textos em relação às suas fontes originais, assim como diversos autores também defendem que este recurso é o mais observado nos textos por eles analisados. Isto possivelmente ocorreu porque, muitas vezes, os autores do livro buscam sintetizar os dados apenas com informações que consideram relevantes para serem tratadas juntamente com o conteúdo apresentado no material didático. Em seguida, notamos que os acréscimos foram o segundo elemento mais utilizado, seguidos das substituições. Acredita-se que ambos tenham sido utilizados com o intuito de tornar o texto didático ainda mais claro e conciso para o leitor, quando comparado com o texto original. Por último, as reordenações foram os recursos da reelaboração discursiva menos frequentes, encontrados em apenas dois textos (que por sua vez, foram os textos mais alterados em relação às suas referências originais), o que também difere do que foi observado pela literatura, onde estas não são encontradas em quantidades mínimas. Portanto, inferimos que este número deve-se ao fato das reordenações terem sido utilizadas apenas com o objetivo de reorganizar o conteúdo.

Em relação à NdC, observamos que mais da metade dos textos (13 textos) apresentaram uma visão de ciência não neutra, mostrando o processo de construção do conhecimento científico e os locais de pesquisa, elementos históricos e problemáticos da ciência, assim como opiniões e falas de pesquisadores que contribuíram para os estudos abordados nos textos. Estes dados nos chamaram atenção, pois evidenciaram uma preocupação por parte de ambas as fontes de texto em retratar elementos característicos da ciência (como suas discussões e inovações) e de veiculá-los para seus leitores. Notamos que alguns textos mostraram-se contraditórios em relação às visões

distorcidas e ‘não-distorcidas’ do conhecimento científico. Isto está associado às diversas alterações que tais textos sofrem ao serem inseridos nos materiais didáticos, onde partes destas informações são perdidas. Outro fato que nos chamou atenção foi para o grande número de textos que apresentaram visões meramente analíticas e aproblemáticas da ciência, uma vez que tais distorções corroboram para uma visão de ciência pronta, sem qualquer vínculo com aspectos sociais, econômicos e éticos. Este fato, portanto, influencia na compreensão de mundo do aluno leitor, interferindo no seu entendimento e na possibilidade deste público refletir e discutir sobre os avanços científicos e tecnológicos, especialmente com relação à Genética.

Ao analisarmos a linguagem dos textos originais e didáticos, notamos que praticamente todos os textos utilizaram recursos linguísticos (seja através de metáforas, analogias ou termos explicativos) a fim de tornar a informação científica mais clara e compreensível para o público leitor, aproximando-os destes conhecimentos. Vale lembrar que este fato retrata também o papel da DC em abordar diversos temas a nível social, principalmente a partir da apresentação de uma linguagem coloquial. Com relação aos erros conceituais, estes foram encontrados em apenas três textos originais. Neste sentido, ressaltamos que o LD realiza tais correções e que isto evidencia uma preocupação por parte dos autores em abordar conceitos corretos e levá-los para o ambiente escolar.

De acordo com a análise do grau de hibridez dos textos didáticos, doze textos foram considerados semi-híbridos, dez eram editados e apenas dois corresponderam a textos híbridos. Em outras palavras, isto mostra que grande parte destes textos apresentou pequenas modificações em relação à sua fonte de origem ou, no caso dos textos editados, eram muito semelhantes à fonte original. Esta classificação se deve, possivelmente pelo fato dos autores dos livros não julgarem necessário alterar os textos encontrados nas referências bibliográficas fornecidas nos textos didáticos, ou seja, não realizar modificações nos textos encontrados nas fontes originais. Podemos acrescentar ainda que ao preservar os detalhes dos textos de origem, minimiza-se também os impactos sobre o processo de apropriação do conhecimento científico (uma vez que ao modificar tais textos, altera-se também os aspectos da NdC).

Ainda em relação aos textos didáticos, vale a pena ressaltar que os mesmos apresentaram mais de um traço relacionado ao seu discurso e que, portanto preservaram tanto seus traços de laicidade, didaticidade e cientificidade. Esta grande quantidade de traços de laicidade, por sua vez, corrobora para a acessibilidade do texto, assim como a

didaticidade, que garante características mais didáticas para aquele conteúdo que está sendo abordado. Deste modo, também podemos confirmar o que é proposto pela literatura: que os textos didáticos consistem em textos híbridos, principalmente por retratarem diversos discursos em apenas um texto.

De forma geral, concluímos nesta dissertação que os vinte e quatro textos analisados foram considerados relevantes para serem abordados no material didático, uma vez que os mesmos oferecem a possibilidade de promover debates sobre diversas questões e de gerar reflexões acerca dos avanços da ciência. Além disso, os mesmos contribuem para o conhecimento do leitor, aproximando o saber científico e tecnológico de sua realidade, exatamente como pretende a DC.

No entanto, devido à presença de reelaborações discursivas e alterações da NdC, destaca-se e recomenda-se a intermediação docente durante a aplicação dos textos. Em outras palavras, durante esta dissertação, subentende-se que o papel do professor como mediador destas atividades é essencial, já que o mesmo poderá selecionar tais textos com mais criticidade, considerando a presença de dados científicos relevantes para a vida social do aluno, ou, poderá ainda resgatar trechos importantes que são perdidos durante tais reformulações discursivas e oferecer condições para a promoção de uma ciência não neutra, a fim de buscar a formação de um jovem mais reflexivo, crítico e questionador.

Neste sentido, a análise realizada nesta pesquisa contribui para a área de Ensino de Ciências, especialmente pelo fato de que ela busca verificar até que ponto as reelaborações discursivas realizadas nos textos originais de DC para o LD podem interferir na apropriação do conhecimento científico do aluno. Assim, a partir disso, também é possível perceber como a ciência está sendo retratada nestes textos encontrados no livro e se estes recursos didáticos têm colaborado ou não para estimular o senso crítico dos alunos a partir da apresentação de características relacionadas à Natureza da Ciência e à linguagem.

Por fim, a partir desta dissertação, outros questionamentos foram levantados e servirão como ponto de partida para futuros estudos. Assim, também faz-se necessário investigar a forma como o professor se apropria e utiliza estes textos de DC nas salas de aula de Ciências.

Referências

- AGUIAR, I. Veneno de vespa brasileira mata células de câncer sem atingir células saudáveis. **Revista Superinteressante**, 10 set. 2015. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/veneno-de-vespa-brasileira-mata-celulas-de-cancer-sem-atingir-celulas-saudaveis/>
- AIRES, J. A; BOER, N; FERRARI, N; GOMES, M.G; OLIVEIRA, V. L. B; PAZ, A. M; PINHEIRO, N. A. M; A; SCHEID, N. M. J. Divulgação científica na sala de aula: um estudo sobre a contribuição da revista ciência hoje das crianças. **Atas do IV Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, Bauru, SP, p.1-13, 2003.
- ALBAGLI, S. Divulgação científica: informação científica para a cidadania?. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 396-404, 1996.
- ALVES, L.A. A Divulgação Científica e as Instituições. **Sessão Coordenada: Linguagem e conhecimento: espaços de circulação, VII Semana Universitária da Universidade Católica de Brasília**, p.1-9, 2005.
- AZEVEDO, T. M; NETO, L.S. Bacteriologia na Educação Básica: como esse tema é abordado nos livros didáticos?. **Acta Scientiae**, v.16, n.3, p.631-647, 2014.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 3ª ed. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BARRA, V.M; LORENZ, K.M. Produção de materiais didáticos de Ciências no Brasil, período: 1950 a 1980. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.38, n.12, p.1970-1983, 1986.
- BARROS, M. F; FARIAS, G. B; SILVEIRA, E. S. M; SANTIAGO, A. C. P. Análise da abordagem sobre pteridófitas em livros didáticos de ciências do Ensino Fundamental. **Acta Scientiae**, v.15, n.2, p.321-337, 2013.
- BOGDAN, R. C; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. 1 ed, Porto: Porto, p.1-335, 1994.
- BRAGA, S. A. M. e MORTIMER, E. F. Os gêneros de discurso do texto de biologia dos livros didáticos de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 3, n. 3, p.56-74, 2003.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**/ Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1997.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais : Ciências Naturais** / Secretaria de Educação Fundamental. Brasília : MEC / SEF, p.19-122, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio: Parte III**. Brasília: Ministério da Educação/ Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2000.

BRASIL. **Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE)**. Histórico do Programa Nacional do livro didático, 2017a. Disponível em:< <http://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro/livro-didatico/historico>>.

BRASIL. Ministério da Educação. **PNLD 2018: guia de livros didáticos – ensino médio** / Ministério da Educação – Secretária de Educação Básica – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília, DF: 2017b. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/pnld-2018/>.

BRICCIA, V.; CARVALHO, A. M. P. Visões sobre a natureza da ciência construídas a partir do uso de um texto histórico na escola média. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v 10, n1, p. 1-22, 2011.

BUENO, W. C. Comunicação Científica e Divulgação Científica: aproximações e rupturas conceituais. **Informação & Informação**, Londrina, v. 15, n. esp, p. 1-12, 2010.

BUENO-SILVA, M. Genética molecular e sistemática animal: Um breve histórico, contribuições e desafios. **Estud. Biol., Ambiente Divers.**, v. 34, n. 83, p. 157-163, 2012.

CÂMARA, R. H. Análise de conteúdo: da teoria à prática em pesquisas sociais aplicadas às organizações. **Gerais: Revista Interinstitucional de Psicologia**, v.6, n.2, p.179-191, 2013.

CAREGNATO, R. C. A; MUTTI, R. Pesquisa qualitativa: análise de discurso versus análise de conteúdo. **Texto & Contexto: Enfermagem**, v.15, n.4, p.679-684, 2006.

CARVALHO, C. P. Divulgação científica nas revistas Scientific American Brasil e Superinteressante. **Inf. Inf.**, Londrina, v. 15, n. esp., p. 43 - 55, 2010.

CAVALCANTE, R. B; CALIXTO, P; PINHEIRO, M. M. K. Análise de conteúdo: considerações gerais, relações com a pergunta de pesquisa, possibilidades e limitações do método. **Informação & Sociedade: Estudos**, v.24, n.1, p.13-18, 2014.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n.22, p.89-100, 2003.

CHINELLI, A.P. Ringo e Suflair mostram caminho para a proteção contra distrofia muscular. **Ciência USP- Núcleo de Divulgação Científica** . 12 nov. 2015. Disponível em: <http://ciencia.usp.br/index.php/2015/11/12/pesquisadores-brasileiros-descobrem-gene-e-mecanismo-que-compensa-distrofia-muscular-em-caes/>

CIENTISTAS TENTAM desenvolver espermatozoides femininos. **O Globo**. 10 jan. 2012. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/cientistas-tentam-desenvolver-espermatozoides-femininos-3635160>

DANTES, M. A. M. As ciências na história brasileira. **Ciência e Cultura**, Vol. 57, n. 1, p. 26-29, 2005.

DIAS, G.R; SILVA, J. M; BENTO, J. I.M; CATANHEDE, S. C.S; CATANHEDE, L. B. Textos de divulgação científica: análise e caracterização para utilização no ensino de matemática. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v.11, n. 1, p. 84-98, 2016.

FUNDAÇÃO Pró- Sangue Hemocentro de São Paulo. Disponível em: <http://www.prosangue.sp.gov.br/artigos/estudantes.html>

ESTUDO identifica fatores genéticos que determinam a altura das pessoas. **Portal G1**, 06 out. 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/10/estudo-identifica-fatores-geneticos-que-determinam-altura-das-pessoas.html>

ESTUDO MOSTRA como alterações genéticas podem levar ao autismo. **Veja**, 12 ago. 2012. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/saude/estudo-mostra-como-alteracoes-geneticas-podem-levar-ao-autismo/>

FAVARETTO, J.A. **Biologia: Unidade e diversidade**. 1 ed: FTD, 2016.

FERRARI, P. C; ANGOTTI, J. A; CRUZ, F. F. S. A divulgação científica na educação escolar: discutindo um exemplo. **V Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Em Ciências**. In: **Atas do V ENPEC**, n.5, p.1-12, 2005.

FERREIRA, L. N. A; QUEIROZ, S. L. Artigos da revista Ciência Hoje como recurso didático no ensino de química. **Quim. Nova**, v.34, n.2, p.354-360, 2011.

FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Textos de divulgação científica no ensino de ciências: uma revisão. **Alexandria**, Florianópolis, v.5, n.1, p.3-31, 2012a.

FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Características discursivas de artigos de divulgação científica relacionados à química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 1, p.21-42, 2012b.

FIOREZE, J. Z; DELIZOICOV, N. C. Livros didáticos de Biologia e a história da Ciência. **Roteiro**, Joaçaba, v.40, n.1, p.101-126, 2015.

FONTANELLA, D; MEGLHIORATTI, F. A. A divulgação científica e o ensino de ciências: análise das pesquisas. **VIII Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar**, Paraná, 2013. Disponível em: <
http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit_mostra/Denise_Fontanella.pdf>

FONSECA, V. B; BOBROWSKI, V. L. Biotecnologia na escola: a inserção do tema nos livros didáticos de Biologia. **Acta Scientiae**, v.17, n.2, p.496-509, 2015.

FRANÇA, A. A. **Divulgação científica no Brasil: espaços de interatividade na Web**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos:UFSCar, p.1-136, 2015.

FUJITA, L. Como funciona a quimioterapia?. **Revista Superinteressante**, 03 jun. 2009. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-funciona-a-quimioterapia-2/>

GALIETA, T. Análise de Discurso de textos do livro didático e de divulgação científica: caracterizando formações discursivas. Atas do **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC**, Águas de Lindóia, SP, p.1-8, 2013.

GARCIA, E. S; CHAMAS, C. I. Genética molecular: avanços e problemas. **Cad. Saúde Públ.**, Rio de Janeiro, v.12, n.1, p. 103-107, 1996.

GENE. **National Human Genome Research Institute**. Acesso em 20 set.2018. Disponível em: <https://www.genome.gov/glossary/index.cfm?id=70>.

GASKELL, G; BAUER, M. W; ALLUM, N. C. Qualidade, quantidade e interesses do conhecimento. In: GASKELL, G; BAUER, M. W. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. Petrópolis, RJ: Vozes, p.17-36, 2017.

- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ªed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GIL-PÉREZ, D; MONTORO, I. F; ALÍS, J.C; CACHAPUZ, A; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.125-153, 2001.
- GOLDBACH, T; EL-HANI, C. Entre Receitas, Programas e Códigos: Metáforas e Idéias Sobre Genes na Divulgação Científica e no Contexto Escolar. **Alexandria, Florianópolis** v.1, n.1, p.153-189, 2008.
- GOMES, I. **Dos laboratórios aos jornais: Um estudo sobre o jornalismo científico**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Letras e Lingüística. Centro de Artes e Comunicação, UFPE, Recife, 1995.
- GRIGOLETTO, E. **O discurso de divulgação científica: um espaço discursivo intervalar**. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul- Instituto de Letras. Programa de Pós-Graduação em Letras.p.1-269, 2005.
- GRILLO, S. V. C; DOBRANSZKY, E. A; LAPLANE, A. L. F. Mídia impressa e educação científica: Uma análise das marcas do funcionamento discursivo em três publicações. **Cad. Cedes**, Campinas, v. 24, n. 63, p. 215-236, 2004.
- HARMON, A. Arroz dourado levanta debate sobre transgênicos. **Folha de São Paulo**, 03 ago. 2013. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2013/09/1335934-arroz-dourado-levanta-debate-sobre-transgenicos.shtml>
- JAPONESES CRIAM espermatozoide a partir de células-tronco embrionárias. **Folha de São Paulo**, 05 ago. 2011. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/955145-japoneses-criam-espermatozoide-a-partir-de-celulas-tronco-embrionarias.shtml>
- KEMPER, A; ZIMMERMANN, E; GASTAL, M. L. Textos populares de divulgação científica como ferramentas didático pedagógica: o caso da evolução biológica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.10, n.3, p.25-50, 2010.
- KINOUCHI, O; KINOUCHI, J.M; MANDRÁ, A. A. Metáforas científicas no discurso jornalístico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.34, n.4, 2012.
- KRASILCHICK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v.14, n.1, p.85-93, 2000.

LEGEY, A. P; JURBERG, C; COUTINHO, C. M. L. M. Educação Científica na Mídia Impressa Brasileira: avaliação da divulgação de biologia celular em jornais e revistas selecionados. **Alexandria**, v.2, n.3, p.35-52, 2009.

LEITE, M. Biotecnologias, clones e quimeras sob controle social: missão urgente para a divulgação científica. **São Paulo em perspectiva**, v.14, n.3, p.40-46, 2000.

LOPES, R. J. Malabarismos mendelianos. **Folha de São Paulo**, 11 out. 2015. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/colunas/reinaldojoselopes/2015/10/1692821-malabarismos-mendelianos.shtml>

LORDÊLO, F. S; PORTO, C. M. A internet como ferramenta de divulgação científica sobre energias renováveis. **UNICIÊNCIAS**, v.15, n.1, p. 313-332, 2011.

LOUREIRO, J. M. M. Museu de ciência, divulgação científica e hegemonia. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 88-95, 2003.

MACEDO, M. Revistas de divulgação científica: do texto ao hipertexto. In: MASSARANI, L; MOREIRA, I. C; BRITO, F. (Orgs). **Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência, 2002. P.185-202, 2002.

MARTINS, I. G. Células-tronco: o tempo é o senhor da razão. **Folha de São Paulo**. 21 out. 2012. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/opiniaio/73202-celulas-tronco-o-tempo-e-o-senhor-da-razao.shtml>

MARTINS, I; CASSAB, M.; ROCHA, M. B. Análise do processo de re-elaboração discursiva de um texto de divulgação científica para um texto didático. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.1, n.3, p.1-9, 2001.

MARTINS, I; NASCIMENTO, T. G; ABREU, T. B. Clonagem na sala de aula: um exemplo do uso didático de um texto de divulgação científica. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v. 9, n. 1, p. 95-111, 2004.

MASCARENHAS, M. J. O; SILVA; V. C; MARTINS, P. R. P; FRAGA, E. C; BARROS, M. C. Estratégias metodológicas para o ensino de genética em escola pública. **Pesquisa em foco**, v.21, n.2, p.05-24, 2016.

MASSARANI, L. Rosalind Franklin: Dama sombria. **Folha de São Paulo**. 07 mar. 2003. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/especial/fj0703200307.htm>

MASSARANI, L; MOREIRA, I. C. Science communication in Brazil: A historical review and considerations about the current situation. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, p. 1-19, 2016.

MATEUS, W. D; GONÇALVES, C. B. discutindo a divulgação científica: o discurso e as possibilidades de divulgar ciência na internet. **Revista Areté**, v.5, n.9, p.29-43, 2012.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MELO, J. R; CARMO, E. M. Investigações sobre o ensino de genética e biologia molecular no ensino médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas. **Ciência & Educação**, v.15, n.3, p.593-611, 2009.

MENDES, J. W. W; BIZERRA, A. F. A biologia na mídia: uma análise da revista Superinteressante. **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis, 2017.

MICELI, B. S; REGO, S. C.R; ROCHA, M. B. A Divulgação Científica do Tema “Água”: uma Análise de Livros Didáticos de Ciências da Natureza. **Acta Scientiae**, v.20, n.4, p. 707-724, 2018.

MIRANDA, G. Pesquisadores japoneses criam óvulos em laboratório. **Folha de São Paulo**, 05 out. 2012. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2012/10/1164118-pesquisadores-japoneses-criam-ovulos-em-laboratorio.shtml>

MONERAT, C. A. A; ROCHA, M. B. Biologia Celular em revista: análise de textos de Divulgação Científica. **Ensino, saúde e ambiente**, v.10, n.3, p.16-33, 2017.

MOREIRA, I. C; MASSARANI, L. Aspectos históricos da divulgação científica no Brasil. In: MASSARANI, L; MOREIRA, I. C; BRITO, F. (Orgs). **Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência, 2002. P.43- 64, 2002.

MOURA, B. A. O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência?. **Revista Brasileira de História da Ciência, Rio de Janeiro**, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

MOURA, J; DEUS, M. S. M; GONÇALVES, N. M. N; PERON, A. P. Biologia/Genética: O ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas

no Brasil – breve relato e reflexão. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 167-174, 2013.

MUDAR O estilo de vida pode reverter envelhecimento celular. **Veja**, 18 set. 2013. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/saude/mudar-o-estilo-de-vida-pode-reverter-envelhecimento-celular/>

MUELLER, S. P. M; CARIBÉ, R. C. V. A comunicação científica para o público leigo: breve histórico. **Informação & Informação**, v.15, n. esp, p.13-30, 2010.

NASCIMENTO, T. G. O discurso da divulgação científica no livro didático de ciências: características, adaptações e funções de um texto sobre clonagem. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)**, v. 5, n. 2, p.15-28, 2005.

NASCIMENTO, T. G; MARTINS, I. O texto de genética no livro didático de ciências: uma análise retórica crítica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.10, n.2, p. 255-278, 2005.

NASCIMENTO, T.G; REZENDE JÚNIOR, M. F. A produção sobre divulgação científica na área de educação em ciências: referenciais teóricos e principais temáticas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.15, n.1, p. 97-120, 2010.

NEHER, C. Clonagem para salvar espécies ameaçadas?. **Carta Capital**, 22 ago. 2014. Disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/sustentabilidade/especialistas-descartam-clonagem-para-salvar-especies-ameacadas-2341.html>

NOBEL DE Medicina premia cientistas por trabalhos com células-tronco. **Época**, 08 out. 2012. Disponível em: <http://revistaepoca.globo.com/Mundo/noticia/2012/10/nobel-de-medicina-premia-cientistas-por-trabalhos-com-celulas-tronco.html>

O CASO Angelina Jolie. **Folha de São Paulo**, 16 mai. 2013. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/opinioao/2013/05/1279382-o-caso-angelina-jolie.shtml>

OLIVEIRA, L.M; PAES, C. C. S. A divulgação científica na revista veja: um estudo da heterogeneidade discursiva. **Raído**, Dourados, MS, v.7, n.13, p 93 – 109, 2013.

PASSERI, M.G; AIRES, R.M; ROCHA, M. B. Reelaboração discursiva de um texto de divulgação científica sobre crise hídrica em um livro didático de Ciências. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v.10, n.1, p. 142-162, 2017.

PEIXE, P.D; PINHEIRO, L.G; ARAÚJO, M. F. F; MOREIRA, S. A. Os temas DNA e Biotecnologia em livros didáticos de biologia: abordagem em ciência, tecnologia e sociedade no processo educativo. **Acta Scientiae**, v.19, n.1, p.177-191, 2017.

PELA PRIMEIRA vez, cientistas transformam célula adulta em célula-tronco embrionária. **Veja**, 22 abr. 2014. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/ciencia/pela-primeira-vez-cientistas-transformam-celula-adulta-em-celula-tronco-embrionaria/>

PRAIA, J; GIL-PÉREZ, D; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.

PREVENÇÃO e fatores de risco. **Instituto Nacional do Câncer (Inca)**. Disponível em: <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/cancer/site/prevencao-fatores-de-risco>

PUIATI, L. L; BOROWSKY, H. G; TERRAZZAN, E. A. O texto de divulgação científica como recurso para o ensino de Ciências na Educação Básica: um levantamento das produções do ENPEC. In: **Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis/ SC, p.1-11, 2007.

RESENDE, T.A; KLAUTAU GUIMARÃES, M. N. A divulgação científica como estratégia de ensino dos principais conceitos básicos de genética. **Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p.1-11, 2011.

ROCHA, M. B. Textos de divulgação científica na sala de aula: a visão do professor de ciências. **Revista Augustus**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 29, p. 24-34, 2010.

ROCHA, M; VARGAS, M. Estudo da linguagem de textos de divulgação científica. **Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - X ENPEC**, Águas de Lindóia- SP, p.1-8, 2015.

ROCHA, M. B; VARGAS, M. Aspectos da natureza da ciência nos textos sobre evolução biológica da revista Scientific American Brasil. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v.9, n.3, p. 171-188, 2016.

ROJO, R. O letramento escolar e os textos de divulgação científica- A apropriação dos gêneros de discurso na escola. **Linguagem em (Dis)curso**, v.8, n.3, p. 581-612, 2008.

ROSSI, P. Coisas jamais vistas. In: **O nascimento ciência moderna na Europa**. Bauru, São Paulo: EDUSC, p.87-114, 2001.

SÁ-SILVA, J. R; ALMEIDA, C. D; GUINDANI, J. F. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, v.1, n.1, p.1-15, 2009.

SANTOS, F. M. Análise de conteúdo: a visão de Laurence Bardin. **Revista Eletrônica de Educação**, v.6, n.1, 2012.

SASSERON, L. H; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.16, n.1, p. 59-77, 2011.

SASSON, S; SILVA JÚNIOR, C; CALDINI JÚNIOR, N. **Biologia**. 12 ed: Saraiva, 2017.

SCHEID, N. M. J; DELIZOICOV, D.; FERRARI, N. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p.223-233, 2005.

SILVA, H. C. O que é divulgação científica?. **Ciência & Ensino**, v.1, n.1, p. 53-59, 2006.

SILVA, G.B; FREITAS; D.S. Quando a genética vira notícia: o uso de textos de divulgação científica (TDC) em aulas de biologia. **Revista Didática Sistemica**, v.3, p.41-56, 2006.

SILVA, L.L; PIMENTEL, N.L; TERRAZZAN, E. As analogias na revista de divulgação científica ciência hoje das crianças. **Ciência & Educação**,v. 17, n. 1, p. 163-181, 2011.

SIQUEIRA, A. C; SCHEID, N. M. J. A abordagem dos temas controversos em livros didáticos de ciências e de biologia brasileiros. **Interacções**, n.39, p.69-91, 2015.

SOARES, H. M. G. **A descoberta da dupla hélice do DNA: Contributo para possíveis narrativas**. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2015.

SOUZA, P. H. R. **Análise dos textos de divulgação científica referentes à biologia animal em livros didáticos de biologia para o ensino médio**. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), p.1-223, 2017.

SOUZA, P. H.R; ROCHA, M. B. Análise do processo de Reelaboração Discursiva na incorporação de um texto de Divulgação Científica no livro de Ciências. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v.7, n.1, p.53-69, 2014.

SOUZA, P. H.R; ROCHA, M. B. Sistemática filogenética em revista de divulgação científica: análise da Scientific American Brasil. **Alexandria**, Florianópolis, v. 8, n. 1, p. 75-99, 2015a.

SOUZA, P. H. R; ROCHA, M. B. Caracterização dos textos de divulgação científica inseridos em livros didáticos de biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.20, n.2, p. 126-137, 2015b.

SOUZA, P. H. R; ROCHA, M. B. Análise da linguagem de textos de divulgação científica em livros didáticos: contribuições para o ensino de biologia. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 23, n. 2, p. 321-340, 2017a.

SOUZA, P. H. R; ROCHA, M. B. A linguagem e o discurso de textos de divulgação científica inseridos em livros didáticos. **X Congreso Internacional Sobre Investigación En Didáctica De Las Ciencias**, Sevilla, p. 4659-4664, 2017b.

TARGINO, M. G. Divulgação científica e discurso. **Comunicação & Inovação**, v.8, n.15, p. 19-28, 2007.

TEIXEIRA, I. M; SILVA, E. P. História da eugenia e ensino de genética. **História da Ciência e Ensino**, v.15, p.63-80, 2017.

TEIXEIRA, M. Laboratório de células tronco da UFRJ cria obras de arte com DNA. **Portal G1**. 02 out. 2012. Disponível em: [http://g1.globo.com/jornal-
hoje/noticia/2012/10/laboratorio-de-celulas-tronco-da-ufrj-cria-obras-de-arte-com-
dna.html](http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2012/10/laboratorio-de-celulas-tronco-da-ufrj-cria-obras-de-arte-com-dna.html)

TEMP, D. S; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. Genética e suas aplicações: identificando o conhecimento presente entre concluintes do ensino médio. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 2, p. 358 – 372, 2014.

TRIO QUE descobriu mecanismos de reparo do DNA leva Nobel de Química. **Portal G1**. 07 out. 2015. Disponível em: [http://g1.globo.com/ciencia-e-
saude/noticia/2015/10/trio-que-descobriu-mecanismos-de-reparo-do-dna-leva-nobel-de-
quimica.html](http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2015/10/trio-que-descobriu-mecanismos-de-reparo-do-dna-leva-nobel-de-quimica.html)

VALÉRIO, M; BAZZO, W. A. O papel da divulgação científica em nossa sociedade de risco: Em prol de uma nova ordem de relações entre ciência, tecnologia e sociedade. **Revista de Ensino de Engenharia**, v.25, n.1, p. 31-39, 2006.

VICENTE, N. I; CORRÊA, E. C. D; SENA, T. A divulgação científica em redes sociais na internet: proposta de metodologia de análise netnográfica. **XVI Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação**, 2015.

VITAL, A; GUERRA, A. A natureza da ciência no ensino de Física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.31, n.2, p.225-257, 2014.

WHEN FRUIT FLIES get sick, their offspring become more diverse. **NC State University News**, 13 ago.2015. Disponível em: <https://news.ncsu.edu/2015/08/singh-fruit-fly/>

XAVIER, M. C. F.; FREIRE, A.S; MORAES, M. O. A nova (moderna) biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 12, n. 3, p. 275-289, 2006.

YARAK, A. Tratamento pioneiro com célula-tronco para silicose pulmonar é eficaz. **Revista Veja**, 26 ago. 2012. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/saude/tratamento-pioneiro-com-celula-tronco-para-silicose-pulmonar-e-eficaz/>

ZAMBONI, L. M. S. **Heterogeneidade e subjetividade no discurso da divulgação científica**. Tese (Doutorado) – Instituto de Estudos da Linguagem, Universidade Estadual de Campinas p.1-211, 1997.

ANEXO 1: Texto 1, livro *Biologia*, editora Saraiva, 12ª ed, 2017.



LEITURA
DEU NA MÍDIA

O citoplasma: onde as reações acontecem • **CAPÍTULO 14**

229

Autismo e suas causas biológicas

Os textos a seguir tratam de um transtorno de desenvolvimento, chamado de autismo, e de que maneira genes defeituosos provavelmente agem sobre as mitocôndrias no cérebro de autistas.

Texto I

Autismo é um transtorno global do desenvolvimento marcado por três características fundamentais: inabilidade para interagir socialmente; dificuldade no domínio da linguagem para comunicar-se ou lidar com jogos simbólicos; padrão de comportamento restritivo e repetitivo.

O grau de comprometimento é de intensidade variável: vai desde quadros mais leves, como a síndrome de Asperger (na qual não há comprometimento da fala e da inteligência), até formas graves em que o paciente se mostra incapaz de manter qualquer tipo de contato interpessoal e é portador de comportamento agressivo e retardo mental.

Os estudos iniciais consideravam o transtorno resultado de dinâmica familiar problemática e de condições de ordem psicológica alteradas, hipótese que se mostrou improcedente. A tendência atual é admitir a existência de múltiplas causas para o autismo, entre eles fatores genéticos e biológicos.

O autismo acomete pessoas de todas as classes sociais e etnias, mais os meninos do que as meninas. Os sintomas podem aparecer nos primeiros meses de vida, mas dificilmente são identificados precocemente. O mais comum é os sinais ficarem evidentes antes de a criança completar três anos. [...]

Até o momento, autismo é um distúrbio crônico, mas que conta com esquemas de tratamento que devem ser introduzidos tão logo seja feito o diagnóstico e aplicados por equipe multidisciplinar.

Não existe tratamento padrão que possa ser utilizado. Cada paciente exige acompanhamento individual, de acordo com suas necessidades e deficiências. Alguns podem beneficiar-se com o uso de medicamentos, especialmente quando existem co-morbidades associadas. [...]

VARELLA, Drauzio. *Autismo*. Disponível em: <<http://drauziovarella.com.br/crianca-2/autismo/>>. Acesso em: mar. 2016.

Texto II

Uma nova pesquisa mostrou como o defeito no funcionamento de um único gene causa alterações cerebrais que podem levar ao comportamento típico dos indivíduos com autismo. [...]

Pesquisas anteriores já haviam mostrado que defeitos em um gene conhecido como PTEN estavam relacionados a alguns casos de autismo. No entanto, nenhuma delas havia conseguido demonstrar como esses defeitos afetavam o funcionamento do cérebro dessas pessoas. Agora, o novo estudo mostrou que as mudanças nesse gene alteram o modo como os neurônios produzem energia. Junto com isso, surgem as mudanças comportamentais típicas do autismo, como comportamento antissocial e repetitivo.

“Um número grande de genes e fatores ambientais já haviam sido apontados por estarem associados com o autismo. Mas esse estudo é o primeiro a mostrar o mecanismo pelo qual isso pode acontecer”, diz Cecilia Giulivi, professora da Universidade da Califórnia e autora do estudo.

Na pesquisa, os cientistas alteraram o funcionamento do gene PTEN em ratos, de modo que os neurônios dos animais tivessem uma menor quantidade das proteínas produzidas por ele. O gene defeituoso pareceu afetar o uso de energia nos neurônios, processo que acontece nas mitocôndrias, espécie de usina energética das células.

Depois de quatro semanas de estudo, os cientistas passaram a detectar falhas no funcionamento da mitocôndria nas células dos animais.

Quando os ratos atingiram 20 semanas de vida, os pesquisadores descobriram alterações no DNA das mitocôndrias, que aconteciam em conjunto com falhas ainda maiores em seu funcionamento. A partir dessa idade, os ratos começaram a evitar contato com outros animais e a se envolver em comportamentos de limpeza repetitiva, condutas típicas do autismo. Ratos que não tiveram alterações em seu gene não apresentaram nem os defeitos na mitocôndria nem as alterações comportamentais.

Segundo os pesquisadores, essa descoberta pode levar ao desenvolvimento de novos tratamentos para o autismo. [...]

Estudo mostra como alterações genéticas podem levar ao autismo. *Veja*, 12 ago. 2012. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/saude/estudo-mostra-como-alteracoes-geneticas-podem-levar-ao-autismo/>>. Acesso em: mar. 2016.

ANALISANDO O TEXTO

Faça uma ressalva aos estudantes sobre uma ambiguidade que o texto contém ao dizer que “O gene defeituoso pareceu afetar o uso de energia nos neurônios, processo que acontece nas mitocôndrias”. A energia usada nos neurônios é disponibilizada pelas mitocôndrias, e não usada dentro delas, como pode parecer no trecho.

As respostas das questões dissertativas estão nas Orientações Didáticas, ao final deste volume.

1. Quais mudanças de comportamento foram observadas nos ratos submetidos ao estudo do gene PTEN? De que forma os resultados dessas mudanças estão relacionados ao autismo?
2. Embora você tenha aprendido que as mitocôndrias possuem DNA próprio, o texto II sugere que elas sofrem influência de fatores externos. Aponte os trechos do texto em que é possível verificar essa afirmação.



**NÃO
ESCREVA
NO LIVRO**

ANEXO 2: Texto original de T1 retirado da revista *Veja*.

Estudo mostra como alterações genéticas podem levar ao autismo

Defeito em um único gene causa menor produção de energia nos neurônios

Por **Da Redação**



access_time12 ago 2012, 15h26

Uma nova pesquisa mostrou como o defeito no funcionamento de um único gene causa alterações cerebrais que podem levar ao comportamento típico dos indivíduos com **autismo**. O estudo, publicado na revista *PLoS ONE*, oferece uma nova possibilidade de tratamento para a condição.

Saiba mais AUTISMO

Distúrbio que afeta a capacidade de comunicação e de estabelecer relações sociais. O autista comporta-se de maneira compulsiva e ritual. O distúrbio, que pode afetar o desenvolvimento normal da inteligência, atinge cinco em cada 10.000 crianças e é de duas a quatro vezes mais frequente no sexo masculino.

Pesquisas anteriores já haviam mostrado que defeitos em um gene conhecido como PTEN estavam relacionados a alguns casos de autismo. No entanto, nenhuma delas havia conseguido demonstrar como esses defeitos afetavam o funcionamento do cérebro dessas pessoas. Agora, o novo estudo mostrou que as mudanças nesse gene alteram o modo como os neurônios produzem energia. Junto com isso, surgem as mudanças comportamentais típicas do autismo, como comportamento antissocial e repetitivo.

“Um número grande de genes e fatores ambientais já haviam sido apontados por estarem associados com o autismo. Mas esse estudo é o primeiro a mostrar o mecanismo pelo qual isso pode acontecer”, diz Cecília Giulivi, professora da Universidade da Califórnia e autora do estudo.

Leia também:

[Autismo ganha contornos de epidemia nos EUA](#)

[Pesquisas aprofundam conhecimento sobre causas genéticas do autismo](#)

Estudo – Na pesquisa, os cientistas alteraram o funcionamento do gene PTEN em ratos, de modo que os neurônios dos animais tivessem uma menor quantidade das proteínas produzidas por ele. O gene defeituoso pareceu afetar o uso de energia nos neurônios, processo que acontece nas mitocôndrias, espécie de usina energética e energia das células.

Depois de quatro semanas de estudo, os cientistas passaram a detectar falhas no funcionamento da mitocôndria nas células dos animais.

Quando os ratos atingiram 20 semanas de vida, os pesquisadores descobriram alterações no DNA das mitocôndrias, que aconteciam em conjunto com falhas ainda maiores em seu funcionamento. A partir dessa idade, os ratos começaram a evitar contato com outros animais e a se envolver em comportamentos de limpeza repetitiva, condutas típicas do autismo. Ratos que não tiveram alterações em seu gene não apresentaram nem os defeitos na mitocôndria nem as alterações comportamentais.

Segundo os pesquisadores essa descoberta pode levar ao desenvolvimento de novos tratamentos para o autismo. “A partir do momento em que entendemos o mecanismo, isso abre caminho para desenvolver novas drogas para tratar a condição”, afirma Cecilia Giulivi.

ANEXO 3: Texto 2, livro *Biologia*, editora Saraiva, 12ª ed, 2017.

254
UNIDADE 3 • BIOLOGIA CELULAR: A VIDA NO NÍVEL MICROSCÓPICO

DIÁLOGOS
PRODUÇÃO E FRUIÇÃO DAS ARTES

Temas biológicos muitas vezes exerceram um grande fascínio sobre artistas plásticos. A pesquisa que vocês poderão realizar, neste momento, é bastante livre. Trata-se de descobrir casos em que artistas utilizaram moléculas biológicas, como proteínas ou DNA, como fontes de inspiração para a produção de pinturas ou esculturas. Veja o texto abaixo, que fornece um exemplo desses casos.

O quadro de Christian e Marla pode não ter a cara deles, mas é o retrato mais fiel que os dois poderiam ter. A peça, que em breve vai decorar a parede da sala do casal, é a reprodução do DNA, o código genético de cada um. 'É uma arte personalizada para gente, com a nossa informação. Ninguém tem igual', diz Christian Malheiro Dinesen.

A invenção surgiu no Laboratório Nacional de Células-Tronco Embrionárias da UFRJ. Ideia de um pesquisador que soube enxergar toda a beleza do código genético. 'A ideia é tirar a ciência do armário. Aproximar o grande público da ciência, fazendo com que as pessoas tenham na parede das suas casas uma obra de arte que na verdade é ciência pura', diz Stevens Rehen, coordenador do laboratório de células-tronco / UFRJ.

A pessoa recebe em casa um kit para coletar amostras de células de dentro da boca. O procedimento é bem simples e o material vai direto para o laboratório. Os cientistas transformam o código genético em belas imagens.

O DNA das células é separado e fica misturado em um líquido verde. A máquina tira uma espécie de foto. O resultado vai para a tela do computador. Depois de usada, a amostra de DNA é destruída.

Uma parte do dinheiro com a venda dos quadros vai ajudar a manter o laboratório, um dos mais importantes centros de pesquisa sobre células-tronco no país.

A secretária Marla Cortês adorara o retrato pintado pela ciência. "Ele não mostra a idade da gente, ele disfarça bem todas as pequenas imperfeições, digamos assim."

Nos Estados Unidos, há uma empresa que, desde 2009, faz obras de arte com base no DNA. Nesta fotografia, quadro com gel de eletroforese feito com base no DNA extraído do cachorro da raça beagle, animal de estimação de Adrian Salamunovic, fundador da empresa.

TEIXEIRA, M. Laboratório de células-tronco da UFRJ cria obras de arte com DNA. Edição de 2/10/2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2012/10/laboratorio-de-celulas-tronco-da-ufrj-cria-obras-de-arte-com-dna.html>>. Acesso em: mar. 2016.

Depois, é a vez de vocês criarem uma produção artística que tenha alguma molécula biológica como tema. Pode ser algo que envolva a linguagem visual, verbal ou dramática.

Comentários e sugestões para a atividade estão nas Orientações Didáticas, ao final deste volume.

RECURSOS NA WEB

- **O núcleo celular**
Disponível em: <www.invivo.fiocruz.br/celula/teoria_09.htm>.
- **Montagem de cariótipos (atividade)**
Disponível em: <www.ib.usp.br/biologia/bio230/Atividade_MontagemCromossomos.pdf>.

Acesso em: mar. 2016.

ANEXO 4: Texto original de T2 retirado do site *G1*.

Edição do dia 02/10/2012
02/10/2012 14h28 - Atualizado em 02/10/2012 14h28

Laboratório de células tronco da UFRJ cria obras de arte com DNA

Agora o DNA pode fazer parte da decoração de casa. Uma obra de arte feita pela ciência.

Mônica

Rio de Janeiro, RJ

Teixeira

O quadro de Christian e Marla pode não ter a cara deles, mas é o retrato mais fiel que os dois poderiam ter. A peça, que em breve vai decorar a parede da sala do casal, é a reprodução do DNA, o código genético de cada um. “É uma arte personalizada para gente, com a nossa informação. Ninguém tem igual”, diz Christian Malheiro Dinesen.

A invenção surgiu no Laboratório Nacional de Células Tronco Embrionárias da UFRJ. Ideia de um pesquisador que soube enxergar toda a beleza do código genético.

“A ideia é tirar a ciência do armário. Aproximar o grande público da ciência, fazendo com que as pessoas tenham na parede das suas casas uma obra de arte que na verdade é ciência pura”, Stevens Rehen, coordenador do laboratório de células-tronco / UFRJ.

A pessoa recebe em casa um kit para coletar amostras de células de dentro da boca. O procedimento é bem simples e o material vai direto para o laboratório. Os cientistas transformam o código genético em belas imagens.

O DNA das células é separado e fica misturado em um líquido verde. A máquina tira uma espécie de foto. O resultado vai para a tela do computador. Depois de usada, a amostra de DNA é destruída.

Uma parte do dinheiro com a venda dos quadros vai ajudar a manter o laboratório, um dos mais importantes centros de pesquisa sobre células tronco no país.

A secretária Marla Côrtes adorara o retrato pintado pela ciência. “Ele não mostra a idade da gente ele disfarça bem todas as pequenas imperfeições, digamos assim”.

36

CAPÍTULO 3

Metabolismo de controle: o DNA, o RNA e a síntese de proteína

O texto oferece uma boa oportunidade para propor uma discussão sobre o papel das mulheres na ciência e as dificuldades por elas enfrentadas. Você pode ampliar o trabalho solicitando uma pesquisa sobre outras grandes cientistas mulheres, como Marie Curie (física), Johana Döbereiner (agrônoma), Jane Goodall (etóloga), por exemplo.

ROSALIND FRANKLIN

A elucidação da estrutura do DNA é considerada marco fundamental na ciência e rendeu o Prêmio Nobel, em 1962, ao [estadunidense] James Watson, ao britânico Francis Crick e ao neozelandês Maurice Wilkins. Mas há ainda muitos aspectos obscuros nessa história. Atores fundamentais do episódio tiveram seu papel minimizado ou até mesmo esquecido, como o de Rosalind Franklin, integrante da equipe de Wilkins no King's College de Londres.

[...] Franklin assumiu um posto no King's College de Londres em 1951, para analisar a estrutura do DNA, um campo novo para ela.

[...] Sua primeira tarefa foi montar um equipamento de difração de raios X, com o qual obteve imagens de DNA com qualidade cada vez maior, auxiliada pelo estudante de doutorado Raymond Gosling.

Até onde Franklin chegou na interpretação das imagens que obteve do DNA? Há quem diga que ela teve a intuição errada, ou que não ousou o suficiente para chegar à estrutura atualmente aceita. Outros afirmam que ela chegou muito mais perto do que se imagina da estrutura do DNA. O que se sabe é que Franklin obteve imagens de DNA de excelente qualidade em 1952, em especial a de número 51.

Enquanto Franklin finalizava seu trabalho no King's, Gosling tentava finalizar sua tese sozinho, sem a orientadora. Deu a imagem 51 a Wilkins, que a mostrou a Watson sem Franklin saber.

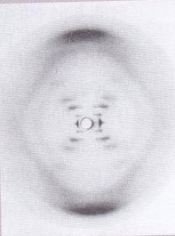
Seguiu-se daí [...] uma série de manobras que minimizaram a contribuição de Franklin. Para demarcar prioridade, Watson e Crick escreveram um artigo para a revista *Nature*. Wilkins também quis ter crédito e escreveu um texto sobre DNA para a mesma edição, sem mencionar o trabalho de Franklin. Nesse meio tempo, Franklin e Gosling também finalizaram um artigo, incluído no mesmo número. Sem saber que a descoberta de Watson e Crick partira de sua imagem 51, Franklin chegou a escrever que suas "ideias gerais" eram coerentes com o modelo deles.

MASSARINI, L. Rosalind Franklin: dama sombria. *Portal Folha Online*. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/especial/2003/dna/fe0703200306.shtml>>. Acesso em: jan. 2016.

Representação do modelo de molécula em dupla hélice do DNA. (Elementos fora de proporção de tamanho e distância entre si. Cores fantasia.)

THINKSTOCK/GETTY IMAGES

KING'S COLLEGE LONDON/ARCHIVES/SPR/LATINSTOCK



A "Fotografia 51" é uma imagem da molécula de DNA com raios X obtida por Rosalind Franklin (1920-1958) em 1952.

EXPLORANDO AS IDEIAS DO TEXTO

As respostas das questões dissertativas estão nas Orientações Didáticas, ao final deste volume.

- A imagem ao lado mostra um modelo de dupla hélice do DNA. Você já conhecia esse modelo e/ou os pesquisadores a quem ele é atribuído (Watson, Crick e Wilkins)? Segundo o texto, em que medida Rosalind Franklin não recebeu o devido crédito com relação à elaboração do modelo de dupla hélice do DNA?

NÃO ESCRVA NO LIVRO

ANEXO 6: Texto original de T3 retirado da *Folha de São Paulo*.

07/03/2003 **Rosalind Franklin: Dama sombria**

LUISA MASSARANI

da **Folha de S.Paulo**



Rosalind Franklin, especialista inglesa em difração de raios X

Reprodução

A elucidação da estrutura do DNA é considerada marco fundamental na ciência e rendeu o Prêmio Nobel, em 1962, ao norte-americano James Watson, ao britânico Francis Crick e ao neozelandês Maurice Wilkins. Mas há ainda muitos aspectos obscuros nessa história. Atores fundamentais do episódio tiveram seu papel minimizado ou até mesmo esquecido, como o de Rosalind Franklin, integrante da equipe de Wilkins no King's College de Londres.

Há até quem diga que a pesquisadora foi passada para trás: uma imagem da molécula de DNA obtida por ela com raios X permitiu que Watson tivesse o lampejo para desvendar a estrutura em dupla hélice. A imagem lhe foi mostrada por Wilkins sem consentimento de Franklin.

Uma biografia nova e equilibrada traz, agora, novos elementos para a elucidação desse episódio da ciência: "Rosalind Franklin: The Dark Lady of DNA" (A Dama Sombria do DNA) _título que alude ao apelido dado por Wilkins_, de Brenda Maddox.

A autora teve acesso à correspondência pessoal inédita de Franklin e entrevistou vários dos personagens, inclusive Watson, Crick e Wilkins. O livro reúne informações preciosas para conhecer essa personagem misteriosa, morta com câncer aos 37 anos.

Maddox retrocede até o século 18, nos primeiros capítulos da obra, para delinear a família judia em que nasceu a menina Rosalind. Na Universidade de Cambridge, onde estudava física e química, Franklin teve contato com William Lawrence Bragg, que usava a difração por raios X para revelar a estrutura de cristais. Franklin optou por seguir sua carreira explorando essa técnica no estudo microscópico da matéria.

O ponto de virada na vida de Franklin foi, alega Maddox, seu encontro com a cientista francesa Adrienne Weill, discípula de Marie Curie. Foi Weill quem, de certo modo, permitiu que Franklin tivesse a oferta de seus sonhos: um posto no Laboratório Central dos Serviços Químicos, em Paris, para onde se mudou em 1947.

Os anos em Paris consolidaram sua reputação internacional em cristalografia. De volta à Inglaterra, Franklin assumiu um posto no King's College de Londres em 1951, para analisar a estrutura do DNA, um campo novo para ela.

Desde o início, sua vida no King's contrastou com a de Paris. Franklin era independente, confiante e admirada em Paris. Já Londres era um ambiente pouco amigável para uma judia de classe média alta que apreciava a cultura francesa. No King's, sua reputação era pouco conhecida e seu trabalho, pouco respeitado. Isso no início dos anos 50, quando a

participação de mulheres no meio científico ainda era pequena.

Sua primeira tarefa foi montar um equipamento de difração de raios X, com o qual obteve imagens de DNA com qualidade cada vez maior, auxiliada pelo estudante de doutorado Raymond Gosling. A situação no King's ficou insustentável. A antipatia de Franklin por Wilkins contribuiu para a ruptura dos dois, que chegaram a trabalhar sobre o mesmo tema, mas isolados. Após dois anos, Franklin decidiu ir embora.

Até onde Franklin chegou na interpretação das imagens que obteve do DNA? Há quem diga que ela teve a intuição errada, ou que não ousou o suficiente para chegar à estrutura atualmente aceita. Watson, por exemplo, afirma que ela não soube interpretar seus próprios dados. O historiador da ciência Robert Olby defende que ela foi cuidadosa e evitou tirar conclusões apressadas. Outros afirmam que ela chegou muito mais perto do que se imagina da estrutura do DNA. O que se sabe é que Franklin obteve imagens de DNA de excelente qualidade em 1952, em especial a de número 51.

Enquanto Franklin finalizava seu trabalho no King's, Gosling tentava finalizar sua tese sozinho, sem a orientadora. Deu a Wilkins a imagem 51, que a mostrou a Watson sem Franklin saber.

Seguiu-se daí, segundo Maddox, uma série de manobras que minimizaram a contribuição de Franklin. Para demarcar prioridade, Watson e Crick escreveram um artigo para a revista "Nature". Wilkins também quis ter crédito e escreveu um texto sobre DNA para a mesma edição, sem mencionar o trabalho de Franklin. Nesse meio tempo, Franklin e Gosling também finalizaram um artigo, incluído no mesmo número. Sem saber que a descoberta de Watson e Crick partira de sua imagem 51, Franklin chegou a escrever que suas "idéias gerais" eram coerentes com o modelo deles.

Três anos depois, em agosto de 1956, o câncer de ovário foi diagnosticado. Franklin manteve sua agenda lotada, alternando períodos no hospital com idas ao laboratório e viagens a trabalho. Foi uma época frutífera de pesquisas sobre vírus, não mais DNA. Maddox define bem esse período: "Rosalind estava muito ocupada para morrer". A morte chegou em abril de 1958.

ANEXO 7: Texto 4, livro *Biologia*, editora Saraiva, 12ª ed, 2017.

A primeira lei de Mendel e a espécie humana • CAPÍTULO 5 77

LEITURA
DEU NA MÍDIA

Uma esperança contra a distrofia muscular

Ringo e Suflair, dois cães da raça Golden Retriever tratados pela equipe da bióloga Mayana Zatz, da USP, foram diagnosticados com distrofia muscular desde que eram filhotes. Ao longo da vida, porém, não tiveram quase nenhum sintoma da doença. Depois de mais de 8 anos investigando o que protege a musculatura desses cachorros, os pesquisadores encontraram um responsável: o gene *Jagged1*. Em Ringo e Suflair, esse gene está mais ativado e produz mais proteínas que o normal. Isso desencadeia um mecanismo que ajuda a mascarar a distrofia.

O achado é inédito e surpreendente, já que revela que é possível haver um músculo funcional em um animal de grande porte, apesar da distrofia muscular. Os cães Golden Retriever são o modelo animal mais parecido com nós, humanos, e suportam cargas comparáveis às que carregamos. Além disso, pela primeira vez, descobriu-se uma associação entre o gene *Jagged1* e a doença. [...]



Cão da raça Golden Retriever (60 cm de altura).

O que é distrofia muscular?

A distrofia é causada por uma falha no gene que produz a **distrofina**, uma proteína fundamental para manter a fibra¹ muscular inteira. A falta dessa proteína leva à perda progressiva de musculatura, inclusive do coração e do diafragma, músculo responsável pela respiração.

Em pessoas, a forma mais grave – e mais frequente – da doença é a distrofia muscular de Duchenne, em geral diagnosticada em meninos aos 3 ou 4 anos de idade. Com cerca de 12 anos, a maioria dos garotos não consegue mais andar. A degeneração muscular continua, levando à morte precoce.

O problema atinge 1 a cada 3,5 a 5 mil meninos [...].

São raríssimos os casos em meninas, porque o gene da distrofina está no cromossomo X e elas precisariam herdar os dois cromossomos com defeito. Isso é praticamente impossível, já que homens com Duchenne não se tornam pais – por morte precoce ou falta de condições físicas [...].

A distrofia de Duchenne ainda não tem cura e os cuidados disponíveis são apenas paliativos, como fisioterapia e remédios à base de corticoides.

Dependendo do caso, adiante alguma informação a respeito, ou informe os estudantes de que o assunto será discutido no capítulo 8.

Professor(a), o entendimento do penúltimo parágrafo depende da compreensão do conceito de herança ligada ao sexo.

CHINELLI, Ana Paula de. Ringo e Suflair mostram caminho para proteção contra distrofia muscular. Núcleo de Divulgação Científica da USP, 12 nov. 2015. Disponível em: <http://sites.usp.br/distrofia/pesquisadores-brasileiros-descobrem-gene-e-mecanismo-que-compensa-distrofia-muscular-em-caes>. Acesso em: jan. 2016.

ANALISANDO O TEXTO

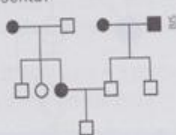
- O que, segundo o texto, causa a distrofia muscular?
- Que observação permitiu que se percebesse que Ringo e Suflair pareciam estar protegidos contra a distrofia muscular?
- Que fator foi identificado como responsável pela “proteção” que os cães manifestavam contra a distrofia?

1. O mesmo que célula muscular.

As respostas das questões dissertativas estão nas Orientações Didáticas, ao final deste volume.

PARA RECAPITULAR

- Explique o significado da expressão: “Algumas características humanas são transmitidas de acordo com a primeira lei de Mendel”.
- Elabore uma definição para fenocópia.
- Explique o significado da expressão “erros inatos do metabolismo”.
- Em Genética, qual é o nome dado à figura abaixo? O que ela representa?



ANEXO 8: Texto original de T4 retirado do *jornal da USP*.

Ringo e Suflair mostram caminho para proteção contra distrofia muscular

Por: Ana Paula Chinelli em 12 de novembro de 2015

A pesquisa começou com dois cães Golden Retriever com distrofia muscular que, surpreendentemente, escaparam da doença. Eles fazem parte do modelo animal estudado pelo Centro de Pesquisa sobre o Genoma Humano e Células-Tronco e levaram à descoberta de uma alteração genética que promove a compensação a doença. No futuro, essa descoberta poderá ser a base de um novo tratamento para quem sofre com a distrofia muscular de Duchenne.

Ringo e Suflair, dois cães da raça Golden Retriever tratados pela equipe da bióloga Mayana Zatz, da USP, foram diagnosticados com distrofia muscular desde que eram filhotes. Ao longo da vida, porém, não tiveram quase nenhum sintoma da doença. Depois de mais de 8 anos investigando o que protege a musculatura desses cachorros, os pesquisadores encontraram um responsável: **o gene Jagged1**. Em Ringo e Suflair, esse gene está mais ativado e produz mais proteínas que o normal. Isso desencadeia um mecanismo que ajuda a mascarar a distrofia.

Assista ao vídeo dos dois cães brincando

O achado é inédito e surpreendente, já que revela que é possível haver um músculo funcional em um animal de grande porte, apesar da distrofia muscular. Os cães Golden Retriever são o modelo animal mais parecido com nós, humanos, e suportam cargas comparáveis às que carregamos. Além disso, pela primeira vez, descobriu-se uma associação entre o gene *Jagged1* e a doença. A pesquisa foi publicada online neste dia 12 de novembro pela revista científica *Cell*, e estará na edição impressa do dia 19. A *Cell* é o periódico de maior índice de impacto nas áreas de biologia molecular e bioquímica, de acordo com a medição Thomson-Reuters.

O título do artigo, *Jagged1 Rescues the Duchene Muscular Dystrophy Phenotype*, pode ser traduzido como *Jagged1* resgata o fenótipo da Distrofia Muscular de Duchenne (tradução livre). **Leia a publicação**, disponível para assinantes.

A distrofia muscular

A distrofia é causada por uma falha no gene que produz a **distrofina**, uma proteína fundamental para manter a fibra muscular inteira. A falta dessa proteína leva à perda progressiva de musculatura, inclusive do coração e do diafragma, músculo responsável pela respiração.

Em pessoas, a forma mais grave – e mais frequente – da doença é a **distrofia muscular de Duchenne**, em geral diagnosticada em meninos aos 3 ou 4 anos de idade. Com cerca de 12 anos, a maioria dos garotos não consegue mais andar. A degeneração muscular continua, levando à morte precoce.

O problema atinge 1 a cada 3,5 a 5 mil meninos – incidência quatro vezes maior que a de leucemias entre garotos de 0 a 19 anos, e só comparável à frequência de todos os cânceres infantis somados. (dados para São Paulo do último levantamento realizado pelo Instituto Nacional do Câncer, em 2008).

São raríssimos os casos em meninas, porque o gene da distrofina está no cromossomo X e elas precisariam herdar os dois cromossomos com defeito. Isso é praticamente impossível, já que homens com Duchenne não se tornam pais – por morte precoce ou falta condições físicas. Outra possibilidade é haver uma troca de genes entre o cromossomo X e outro cromossomo, ainda no óvulo que deu origem à menina. Situações assim já foram reportadas.

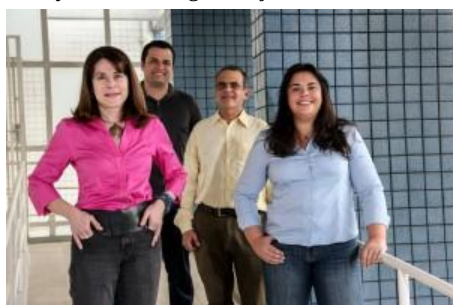
A distrofia de Duchenne ainda não tem cura e os cuidados disponíveis são apenas paliativos, como fisioterapia e remédios à base de corticoides.

Veja a explicação de Mayana Zatz sobre as distrofias musculares

A descoberta do estudo abre novas possibilidades de alvos terapêuticos, a partir de intervenções ou medicamentos que reproduzam, nos meninos afetados, o mesmo efeito de compensação provocado pelo gene *Jagged1* nos cães que escaparam da doença. Atualmente, pesquisadores que buscam tratamentos para esse tipo grave de distrofia tentam impedir a degeneração muscular – ou seja, olham para a falta da distrofina – mas ainda não obtiveram sucesso.

Trabalho em equipe

Mayana Zatz, Sérgio Verjovski-Almeida, Natássia Vieira e Yuri Moreira.



A primeira autora do artigo da Cell é Natássia Vieira, que começou sua carreira de pesquisadora orientada por Mayana Zatz, ainda durante a graduação no Instituto de Biociências da USP. Também assinam o trabalho, como idealizadores dos experimentos relatados no paper, Mayana Zatz e Juliana Gomes, do Centro de Pesquisa sobre o Genoma Humano e Células-Tronco (Hug-Cell); Sérgio Verjovski-Almeida e Yuri Moreira, do

Departamento de Bioquímica, do Instituto de Química da USP (IQ).

O grupo brasileiro estabeleceu uma colaboração com cientistas da Escola de Medicina de Harvard, do Broad Institute (de Harvard e do Instituto de Tecnologia de Massachusetts – MIT) e do Boston Children's Hospital, dos Estados Unidos. Eles desenvolveram etapas fundamentais da pesquisa liderados Louis Kunkel, um dos descobridores da distrofina e de sua ligação com a doença de Duchenne, na década de 80.

A pedido de CiênciaUSP, a geneticista Anamaria Aranha Camargo, que não participou do estudo, analisou o artigo. Ela é coordenadora do Centro de Oncologia Molecular do Instituto Sírio Libanês de Ensino e Pesquisa e integrou o Projeto Genoma Humano do Câncer. “Pela multiplicidade de técnicas utilizadas, cada uma complementando as

outras, posso dizer que as conclusões do artigo são totalmente sustentadas pelos experimentos realizados”, diz.

Modelos Animais

Alguns animais que não produzem distrofina são usados como modelos para os estudos da distrofia muscular. No mundo, o mais presente nos laboratórios é o modelo do **camundongo MDX**, útil para pesquisar o que acontece dentro das células e testar se um tratamento age na produção de distrofina. Ele tem, porém, uma limitação: como não apresenta sintomas da doença nos músculos, nem expectativa de vida reduzida, não é capaz de mostrar se o tratamento tem efeitos clínicos – se recupera a força muscular ou diminui a gravidade da doença, por exemplo. Um outro camundongo, descoberto recentemente, apresenta sintomas graves e começou a ser usado para verificar a eficácia de medicamentos.

Peixe paulistinha (zebrafish) usado como modelo animal de distrofia muscular



O segundo modelo é o *zebrafish* sapje, um **peixe paulistinha** deficiente em distrofina. Nesses, ainda na fase de larvas, é possível ver ao microscópio as fibras musculares rompidas e desorganizadas. Eles quase não se movem e morrem com poucas semanas, enquanto um peixe sem doença vive por 2 anos. Esse modelo é prático porque é possível fazer manipulação genética nos ovos, os resultados aparecem rapidamente e são visíveis ao microscópio. A ressalva é que estão mais distantes dos seres humanos na comparação entre as espécies.

O último animal é o **Golden Retriever** com distrofia muscular (GRMD, na sigla em inglês). Esses cães têm sintomas muito semelhantes aos dos meninos com Duchenne, como a degeneração dos músculos, contraturas e níveis elevados da proteína creatinoquinase. Essa é uma enzima que cai na circulação sanguínea quando a célula muscular morre e, por isso, serve para medir a quantidade de musculatura perdida. Os cães também sustentam uma massa corporal similar à dos pacientes. Por todos esses aspectos, são o modelo ideal para verificar se os tratamentos devem ou não ter efeitos em seres humanos. O aspecto negativo é o custo alto para cuidar dos cachorros. Desde 2003, A equipe de Mayana Zatz já avaliou 82 Golden Retriever e 39 deles foram diagnosticados com distrofia muscular.



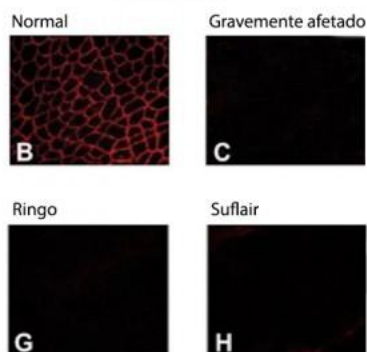
Acompanhe também a linha do tempo da pesquisa sobre distrofia muscular

Atenção ao acaso: Ringo

Ringo

A pesquisa publicada hoje começou com um acaso que teria passado despercebido se não tivesse ocorrido nos animais tratados pelo Centro do

Genoma. Em 2003, entre os cães com distrofia muscular, um nasceu mais ativo, sem a fraqueza e a apatia dos irmãos. Os cientistas do grupo testaram o DNA de Ringo no



laboratório e constataram que, apesar da falta de sintomas, o Golden Retriever carregava o mesmo defeito no gene da distrofina que os outros cães afetados pela doença.

Corte transversal das fibras musculares. Repare como é possível ver, em vermelho, a membrana das células com distrofina em um cão normal (sem doença). Nos gravemente afetados pela distrofia, assim como em Ringo e Suflair, não há produção da proteína.

Talvez os músculos de Ringo produzissem distrofina mesmo com o gene defeituoso, pensaram Mayana e sua equipe. Alguns meses depois, foi possível retirar uma pequena amostra do músculo do cão e, para a surpresa de todos, não encontraram nada de distrofina. No microscópio, também não era possível enxergar as membranas das fibras musculares, exatamente como acontece nos cachorros doentes.

Nunca tinha sido reportado no mundo o caso de um cão sem distrofina que fosse capaz de andar e correr normalmente, além de ter a sobrevida esperada para a espécie. Ringo viveu até os 11 anos de idade, enquanto os parentes mais afetados pela distrofia muscular não passavam dos dois anos. Veio então a pergunta: o que torna Ringo tão especial?

Suflair: a solução é genética

Uma pista surgiu em 2006. Ringo cruzou com quatro fêmeas e, em uma das ninhadas, nasceu Suflair. Ele tem as mesmas características do pai: possui a alteração no gene da distrofina, mas se movimenta como cães sem a doença. Ficou claro que a solução deles para a distrofia era genética e tinha sido passada de pai para filho.

Suflair

A questão ficou mais específica: quais genes protegem os músculos de Ringo e Suflair?



Os 66 genes

Em 2008, Natássia Vieira assumiu a frente dos estudos, orientada por Mayana Zatz. Elas procuraram o professor Sérgio Verjovski-Almeida, do Laboratório de Expressão Gênica em Eucariotos do Instituto de Química da USP. O laboratório é especializado em um exame chamado *microarray de RNA*, ou micro-arranjo, capaz de indicar quais genes estão funcionando em um determinado grupo de células – no caso, o músculo de Ringo e Suflair.

O princípio é o seguinte: dentro do núcleo, todas as células do corpo possuem o DNA completo, com genes que determinam funções tão distintas quanto a produção de suco gástrico para a digestão e de queratina para as unhas. Mas uma única célula não precisa executar todas as ações do corpo, portanto, nessa célula, alguns genes estão “desligados”. Em compensação, os genes que estão “ativados” produzem proteínas para que ela sobreviva e faça suas atividades.

No caminho para gerar uma proteína, é construído um RNA mensageiro. Ele é uma cópia das informações do gene e é capaz de sair do núcleo da célula para chegar ao ribossomo – a estrutura responsável por “montar” a proteína.

O *microarray de RNA* identifica os RNAs mensageiros – consequentemente, os respectivos genes que estão produzindo proteínas. No exame, o RNA é extraído das células, tratado e colocado em uma placa que têm pedaços de todos os genes conhecidos de cachorro. Os RNAs se ligam aos seus genes correspondentes. Em seguida, a placa é escaneada e as imagens são processadas no computador. Nas imagens, as áreas em preto correspondem aos genes que não tiveram “match” com um RNA, ou seja, estão “desligados”. Os pontos coloridos indicam que lá os RNAs grudaram – são os genes “ativados”. A intensidade da cor indica se estão produzindo muita ou pouca proteína.

Quando Yuri e Sérgio compararam os exames de Ringo e Suflair aos de 4 cães normais e 4 cães com quadro grave de distrofia, chegaram a uma lista de 66 genes que estavam diferentes nos dois cachorros especiais. Pelo raciocínio, a solução para a distrofia muscular tinha que estar nessa lista. Como é inviável testar todos – por limitação financeira e de tempo –, o grupo de pesquisadores escolheu um gene que parecia o mais provável, no cromossomo 9 dos cães.

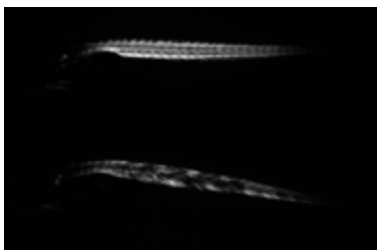
Colaboração com Harvard



Louis Kunkel, Boston Children's Hospital.

Para testar se era o gene certo, Mayana Zatz pediu uma colaboração ao pesquisador Louis M. Kunkel, do Departamento de Genética e Genômica do Boston Children's Hospital e da Escola de Medicina da Universidade de Harvard, nos EUA. Desde a década de 1990, Mayana e Kunkel fazem trabalhos juntos.

Natássia viajou a Boston e começou os testes no modelo animal do peixe paulistinha. Um trabalho meticuloso: a pesquisadora precisou inserir em centenas de ovos um material chamado morfolino, que regula a atividade do gene para o mesmo nível registrado em Ringo e Suflair.



Larvas do peixe paulistinha vistas ao microscópio. Em cima, com o músculo preservado. Embaixo, o músculo afetado pela falta de distrofina

A resposta esperada era que os peixes crescessem com as fibras musculares ordenadas, livres dos sintomas de distrofia. Depois de 9 dias, quando as larvas foram analisadas ao microscópio, os músculos pareciam “esburacados”, com falhas visíveis.

O resultado foi desanimador. “Esse gene até fez alguma diferença, só que ninguém ficou convencido, porque o cachorro estava muito bem e os peixes estavam mais ou menos”, diz Natássia.

Cromossomos 24, 33 e 37: grande frustração

Com um convite para fazer o pós-doutorado em Boston, Natássia continuou as investigações. Enquanto insistia nos testes com o peixe paulistinha, entrou em contato com Kerstin Lindblad-Toh, geneticista da Universidade de Uppsala, na Suécia, e coordenadora das pesquisas com vertebrados no Broad Institute – um projeto conjunto de Harvard e do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). Kerstin era uma das poucas cientistas no mundo que estava desbravando o genoma canino, com intuito de traçar a evolução das raças de cães.



Kerstin Lindblad-Toh, Broad Institute

Natássia queria mais informações para se certificar de que estava no caminho certo ao apostar em um gene do cromossomo 9. Faltava a ela, porém, o conhecimento para trabalhar com o genoma de cachorros. A cientista sueca aceitou ajudar. A estratégia definida foi buscar quais regiões estavam alteradas nos cromossomos de Ringo e Suflair, comparando com 31 cães da mesma família que tinham sintomas da

distrofia.

Células dos 33 cachorros foram submetidas a um *SNP array*– um mapeamento genético que mostra áreas com mudanças significativas no DNA de cada cão. A interpretação envolveu estudos de *linkage* familiar e de associação genômica ampla (GWAS, na sigla em inglês). As duas técnicas servem para comparar os dados dos cães. Como resultado, as pesquisadoras detectaram que Ringo e Suflair têm as mesmas alterações nos cromossomos 24, 33 e 37 – e essas variações não estão nos outros cães. Nada especial foi detectado no cromossomo 9. A investigação de Natássia voltou praticamente à estaca zero

“Me dá um arrepio só de lembrar. Para mim foi uma tristeza, mas eu pensei: vou com isso até o fim.”, conta.

Nova esperança: o *Jagged1*

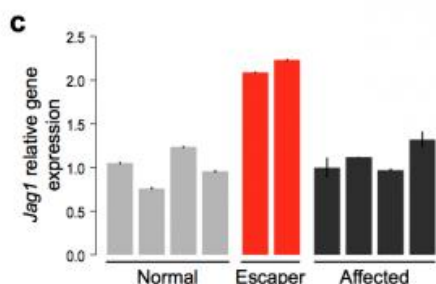


Gráfico que retrata a quantidade de RNAs (e proteínas) produzidos a partir do gene *Jagged1*. Em Ringo e Suflair (barras vermelhas), a atividade do gene é o dobro da dos cães sem doença (cinza) e dos cachorros afetados (preto).

Para sair do impasse, o grupo voltou ao resultado do *microarray de RNA*, feito no laboratório do professor Sérgio Verjovski-Almeida. Na lista dos 66 genes com

possibilidade de explicar a compensação da distrofia muscular, nenhum faz parte dos cromossomos 33 e 37. Do cromossomo 24, há apenas um: o ***Jagged1***. Pela análise de Yuri Moreira, esse gene produz duas vezes mais proteínas no Ringo e no Suflair do que nos cães normais ou nos afetados.



Modelo animal do peixe paulistinha usado nos testes

Em Boston, Natássia retomou os testes com peixes paulistinha, desta vez aumentando a atividade do gene *Jagged1*. No modelo animal, os peixes do aquário têm defeito em apenas um gene da distrofina, ou seja, são “Aa” (“azão”/”azinho”) ou “+/-” (positivo-negativo), para usar a linguagem da genética ensinada nas escolas. O cruzamento de dois desses peixes gera em média 25% de animais AA (+/+), sem qualquer traço da doença; 50% de animais Aa (+/-), que só carregam um gene afetado; e 25% aa (-/-), que têm a distrofia e morrem após poucas semanas.

Os números mudaram quando foram manipulados geneticamente para dobrar a produção da proteína *Jagged1*. Nesse cruzamento, apenas 6% dos peixes nasceram com fibras musculares desorganizadas. Os outros 19% que tinham a combinação genética aa (-/-), e deveriam ser distróficos, estavam com aspecto normal e até conseguiam nadar. O experimento foi repetido 4 vezes, com resultados semelhantes.

“Foi uma prova funcional de que o *Jagged1* é o gene que explica o quadro clínico dos dois cachorros”, afirma Mayana Zatz. Louis Kunkel é mais cauteloso: “Tenho 98% de certeza. Para chegar aos 100%, quero confirmar esses resultados também no modelo dos camundongos”, diz.

Mais uma dúvida

Ainda em busca de esclarecimentos, os cientistas procuraram a causa para o gene *Jagged1* estar mais ativado no Ringo e no Suflair. Esse desafio exigiu um exame caro e difícil de ser interpretado: o sequenciamento completo do genoma dos cães.

O sequenciamento permite conhecer cada base nitrogenada que compõe o DNA. Nos seres humanos, são cerca de 3 bilhões de pares de bases, que formam mais de 20 mil genes. Só o gene da distrofina, o maior do corpo humano conhecido até hoje, tem 2,3 milhões de bases. É o encadeamento delas que determina quais aminoácidos vão compor as proteínas.

No caso do genoma dos cachorros, até então não havia bancos de dados com informações completas sobre as combinações de bases e suas funções nesses animais. Mesmo assim, Kerstin topou fazer o sequenciamento completo do DNA de três cães: Ringo, Suflair e um parente com sintomas graves de distrofia muscular. O objetivo foi ver as variações na sequência de bases que poderiam explicar por que os dois cachorros têm mais proteína do *Jagged1*.

Confira o infográfico com as informações obtidas na pesquisa.

Os resultados mostraram milhões de alterações entre os cães. A cientista sueca forneceu os mapeamentos que já havia feito em outros cachorros para eliminar as variações comuns de ocorrer entre os indivíduos. Ainda sobraram muitas. Os pesquisadores resolveram focar apenas na área próximo ao gene *Jagged1*, no cromossomo 24. Acharam 1.300 diferenças. E como saber o que cada uma delas faz? Para isso, usaram

programas de computador que associam os dados dos cachorros ao dados do genoma humano.

O esforço deu resultado. Na área responsável por “ligar” o gene de Ringo e Suflair, encontraram a troca de uma base nitrogenada. Essa pequena alteração tem um efeito decisivo, porque cria um ponto para uma proteína chamada miogenina se ligar ao DNA.

A explicação

A miogenina é constantemente produzida pelas células musculares e age como um fator de ativação de genes. Também é relacionada a mecanismos de reparo do músculo.

Na última fase da investigação, os pesquisadores fizeram testes com camundongos, células humanas e células de cachorros. Eles mostraram que a miogenina é diretamente responsável pelo aumento da produção de *Jagged1*; e que as células do músculo de Ringo e Suflair se multiplicam mais rapidamente que a dos outros cães.

A hipótese formulada pelos cientistas, a ser verificada nos próximos trabalhos, é que a proteína *Jagged1* provoque uma reação em cadeia que estimula a divisão da própria célula ou das células vizinhas. Com mais produção dessa proteína, os músculos dos cachorros especiais conseguiriam se recompor mais rapidamente do que se degeneram por causa da distrofia. Talvez seja isso que mantém a musculatura funcionando e permite que os cães atinjam a expectativa de vida normal para a raça.



Anamaria Camargo, Instituto Sírio-Libanês de Ensino e Pesquisa.

A professora Anamaria Camargo, que não está envolvida nos trabalhos, sugere usar o exemplo dos cães tratados no Centro do Genoma para mostrar a importância dos modelos animais. “Eu imagino que estudar e tratar esses animais seja difícil e pouco valorizado. Mas, se não existisse esse esforço, nunca teriam sido detectados esses cachorros e as descobertas não teriam acontecido”, diz.

A busca pelo futuro

Mayana Zatz acredita que o mecanismo do *Jagged1* abra a possibilidade de buscar tratamentos para a distrofia muscular de Duchenne por outras vias. “Essa abordagem vai quebrar um paradigma, porque o mundo inteiro está focado em recuperar a distrofina no músculo. Infelizmente, esses trabalhos não estão mostrando resultados animadores. A grande vantagem do caminho do *Jagged1*, se funcionar, é que poderemos regenerar o músculo mesmo que ele continue sem distrofina”.

Kunkel imagina que o controle da distrofia será feito de forma complementar pelas duas vias. “Para os pacientes com Duchenne, há novas esperanças. Essa é a década do tratamento”, completa.



O garoto Andrey tem distrofia muscular e recebe atendimento do Centro de Pesquisa sobre o Genoma Humano e Células-Tronco. Ao lado, Natássia Vieira e Mayana Zatz

O Centro de Pesquisa sobre o Genoma Humano e Células-Tronco, da USP, e o laboratório de Louis Kunkel, em Boston, já começaram as buscas por medicamentos que possam regenerar o músculo do mesmo modo que o *Jagged1*. Natássia e Mayana consideram ainda a possibilidade de usar terapias com células-tronco ou intervenções genéticas. Quando for encontrada uma fórmula promissora, ela deverá ser testada em camundongos, em peixes, em cães e em células humanas antes de receber permissão para seguir em ensaios clínicos com seres humanos.

Por isso, os eventuais tratamentos futuros ainda estão longe de chegar aos consultórios médicos.

Paralelamente, as pesquisadoras brasileiras estão fazendo um levantamento entre os meninos com quadros mais leves de distrofia muscular para verificar se eles também têm a produção de *Jagged1* aumentada. Se confirmado, será um bom indicativo de que estão no caminho certo na busca de um controle para a doença de Duchenne.

A pesquisa e os pesquisadores foram financiados por:

Fapesp-Cepid, CNPq, INCT e AACD; Duchenne Foundation, The Bernard F. and Alva B. Gimbel Foundation, National Institute of Health-EUA, Swedish Research Council, ERC (European Research Council) e Muscular Dystrophy Association.

ANEXO 9: Texto 5, livro *Biologia*, editora Saraiva, 12ª ed, 2017.

86

CAPÍTULO 7

Os alelos múltiplos

Muitos estudantes apresentam alguma experiência prévia sobre transfusões, na família ou entre conhecidos. Queremos sugerir, aqui, uma possível atividade: pedir aos estudantes que pesquisem todas as etapas necessárias, implementadas pelo banco de sangue, desde a doação até uma transfusão segura. Essas informações podem ser obtidas na internet, ou, ainda, por meio de entrevista com profissional de um banco de sangue. Trata-se, ainda, de uma boa oportunidade de conscientizar os estudantes sobre a importância social das doações de sangue. O tema deve ser conduzido com especial cuidado, caso, na turma, haja adeptos de religiões que proíbem transfusões de sangue. É importante evidenciar que aqui está sendo apresentado o aspecto científico, e que a esfera religiosa não está em pauta. Recomendamos a você, professor(a) dois links que podem auxiliá-lo(a) no encaminhamento: <https://www.ufrgs.br/bioetica/transfus.htm>; http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/11/151103_testemunhas_jeova_sangue_fe_cco. (Acessos em: fev. 2016.)

TRANSFUSÕES SANGÜÍNEAS: UM PEQUENO HISTÓRICO

Realizada experimentalmente em animais, a primeira transfusão de sangue é atribuída a Richard Lower em demonstração feita em Oxford, em 1665. A primeira experiência em ser humano aconteceu dois anos mais tarde em 1667, em Paris. Seu autor foi Jean Baptiste Denis [...] médico do rei Luís XIV. Tomando um tubo de prata, Denis infundiu um copo de sangue de carneiro em Antoine Mauroy, de 34 anos [...]. Conta-se que após resistir a duas transfusões, Mauroy teria falecido provavelmente em consequência da terceira.

[...]

Considerada criminosa, a transfusão [...] foi proibida na Faculdade de Medicina de Paris e, posteriormente, na de Roma (Itália) e na Royal Society, da Inglaterra.

[...]. Em 1788, após tentativas fracassadas [...], Pontick e Landois obtiveram resultados positivos realizando transfusões homólogas (entre animais da mesma espécie), concluindo que elas poderiam ser benéficas e inclusive salvar vidas.

A primeira transfusão com sangue humano é atribuída a James Blundell, em 1818, que, após realizar com sucesso experimentos em animais, transfundiu sangue humano em mulheres com hemorragia pós-parto.

Apesar do avanço [...], no final do século 19, [...] reações adversas continuavam a desafiar os cientistas. [...]. Paralelamente, desenvolveram-se equipamentos para a realização de transfusão indireta, além de técnicas cirúrgicas que permitissem a transfusão direta, utilizando-se a artéria do doador e a veia do receptor, procedimento que ficou conhecido como transfusão "braço a braço".

Em 1900, final do século 19, o imunologista austriaco Karl Landsteiner observou que o [...] sangue de uma pessoa muitas vezes [...] aglutina ao ser misturado com o de outra, descobrindo o primeiro e mais importante sistema de grupo sanguíneo existente no organismo: o ABO. [...]

FUNDAÇÃO Pró-Sangue – Hemocentro de São Paulo. Disponível em: <http://www.prosangue.sp.gov.br/artigos/estudantes>. Acesso em: fev. 2016.

Ao longo do tempo, ficou clara a ideia da **variabilidade dos tipos sanguíneos** e da necessidade de compatibilidade entre doador e receptor para que as transfusões fossem bem-sucedidas. Em outras palavras, é necessário que haja certo grau de identidade na composição dos elementos do sangue (plasma e células sanguíneas) desses dois indivíduos. Criou-se, assim, a noção de que existem diferentes **grupos sanguíneos**, determinados geneticamente, um dos temas que discutiremos neste capítulo.

Transfusões sanguíneas são atualmente procedimentos usuais nas rotinas médicas.



EXPLORANDO AS IDEIAS DO TEXTO

1. Por que a transfusão de sangue de outra espécie animal para um ser humano não pode ser bem-sucedida? Levante algumas hipóteses possíveis e discuta-as com seus colegas, levando suas considerações ao(a) professor(a).
As respostas das questões dissertativas estão nas Orientações Didáticas, ao final deste volume.
2. A mistura de sangue humano de indivíduos diferentes pode levar ou não à aglutinação. Como conciliar essa informação com os resultados das transfusões entre humanos que, no passado, podiam levar o paciente à morte?

NÃO ESCRIBA NO LIVRO

KATHA MOURA/ALAMY/STOCK/ALAMY

ANEXO 10: Texto original de T5 retirado site da *Fundação Pró-Sangue*.

Estudantes

Introdução

Você sabia que o sangue é um tecido vivo? Que é formado por quatro componentes básicos? Quando foram feitas as primeiras transfusões de sangue? E, afinal, para que ele serve?

Este espaço é destinado a estudantes e pesquisadores. Aqui, você poderá esclarecer essas e muitas outras dúvidas sobre o sangue, seus componentes e a história da doação de sangue.

O que é sangue?

O sangue é um tecido vivo que circula pelo corpo, levando oxigênio e nutrientes a todos os órgãos. Ele é composto por plasma, hemácias, leucócitos e plaquetas.

O plasma é a parte líquida do sangue, de coloração amarelo palha, composto por água (90%), proteínas e sais. Através dele circulam por todo o organismo as substâncias nutritivas necessárias à vida das células. Essas substâncias são: proteínas, enzimas, hormônios, fatores de coagulação, imunoglobina e albumina. O plasma representa aproximadamente 55% do volume de sangue circulante.

As hemácias são conhecidas como glóbulos vermelhos por causa do seu alto teor de hemoglobina, uma proteína avermelhada que contém ferro. A hemoglobina capacita as hemácias a transportar o oxigênio a todas as células do organismo. Elas também levam dióxido de carbono, produzido pelo organismo, até os pulmões, onde ele é eliminado. Existem entre 4 milhões e 500 mil a 5 milhões de hemácias por milímetro cúbico de sangue.

Os leucócitos, também chamados de glóbulos brancos, fazem parte da linha de defesa do organismo e são acionados em casos de infecções, para que cheguem aos tecidos na tentativa de destruírem os agressores, tais como vírus e bactérias. Existem entre 5 mil a 10 mil leucócitos por milímetro cúbico de sangue.

As plaquetas são pequenas células que tomam parte no processo de coagulação sanguínea, agindo nos sangramentos (hemorragias). Existem entre 200.000 e 400.000 plaquetas por milímetro cúbico de sangue.

O sangue é produzido na medula óssea dos ossos chatos, vértebras, costelas, quadril, crânio e esterno. Nas crianças, também os ossos longos como o fêmur produzem sangue.

História do sangue

A crença de que o sangue que dá e sustenta a vida também é capaz de salvá-la vem de tempos remotos. Entretanto, foram necessários séculos e séculos de estudos e pesquisas para a ciência descobrir sua real importância e dar a ele uso adequado. Até chegar esse dia, prevaleceram as práticas fundamentadas na intuição e no senso comum.

Conta-se que, na Grécia antiga, os nobres bebiam o sangue de gladiadores mortos na arena, a fim de obterem a cura de diversos males, entre eles a epilepsia.

Defendendo a sangria na cura de qualquer doença, o médico grego Galeno, reportando-se à teoria de Hipócrates, também concluiu pela existência de quatro humores no corpo humano: o sangue, a bile amarela, a bile negra e a fleuma.

Em 1492, no Século 15, para se curar de grave enfermidade, o papa Inocêncio VIII foi convencido a ingerir o sangue de três jovens que acabaram morrendo anêmicos, sem que se conseguisse restabelecer a saúde do pontífice.

As transfusões de sangue tiveram início no Século 17

Realizadas experimentalmente em animais, a primeira transfusão de sangue é atribuída a Richard Lower em demonstração realizada em Oxford, em 1665.

A primeira experiência em ser humano aconteceu dois anos mais tarde em 1667, em Paris. Seu autor foi Jean Baptiste Denis, professor de filosofia e matemática em Montpellier e médico do rei Luis XIV. Tomando um tubo de prata, Denis infundiu um copo de sangue de carneiro em Antoine Mauroy, de 34 anos, doente mental que perambulava nu pelas ruas da cidade.

Conta-se que após resistir a duas transfusões, Mauroy teria falecido provavelmente em consequência da terceira.

Um fato curioso: as transfusões de sangue nessa época eram heterólogas, isto é, com sangue de animais de espécies diferentes. Denis defendia a prática argumentando que, ao contrário do humano, o sangue de animais estaria menos contaminado de vícios e paixões.

Considerada criminosa, a transfusão heteróloga foi proibida na Faculdade de Medicina de Paris e, posteriormente, na de Roma (Itália) e na Royal Society, da Inglaterra.

As transfusões com sangue humano datam do século 19

Embora proibidas, as experiências não foram de todo abandonadas. Em 1788 (Século 18), após tentativas fracassadas com transfusões heterólogas, Pontick e Landois obtiveram resultados positivos realizando transfusões homólogas (entre animais da mesma espécie), concluindo que elas poderiam ser benéficas e inclusive salvar vidas.

A primeira transfusão com sangue humano é atribuída a James Blundell, em 1818 que, após realizar com sucesso experimentos em animais, transfundiu sangue humano em mulheres com hemorragia pós-parto.

O leite e a transfusão braço-a-braço

Apesar do avanço que representava a transfusão homóloga, no final do Século 19, problemas relacionados à coagulação do sangue e a outras reações adversas continuavam a desafiar os cientistas. Para enfrentar a questão, chegou-se a utilizar

leite e até sangue de cadáver em transfusões; porém, as experiências foram logo abandonadas. Paralelamente, desenvolveram-se equipamentos para a realização de transfusão indireta, além de técnicas cirúrgicas que permitissem a transfusão direta, utilizando-se a artéria do doador e a veia do receptor, procedimento que ficou conhecido como transfusão “braço-a-braço”.

A descoberta do sistema de grupo sanguíneo ABO

Em 1900, final do Século 19, o imunologista austríaco, Karl Landsteiner, observou que o soro do sangue de uma pessoa muitas vezes coagula ao ser misturado com o de outra, descobrindo o primeiro e mais importante sistema de grupo sanguíneo existente no organismo: o ABO.

O sangue possui antígenos e anticorpos

Existem em nosso sangue certos tipos de glóbulos brancos, chamados **linfócitos**, cuja função é produzir proteínas especiais denominadas **anticorpos**. Quando microorganismos ou substâncias estranhas, denominadas genericamente antígenos, penetram em nosso corpo, os linfócitos entram em ação e passam a produzir anticorpos contra os invasores. Em geral, a reação do anticorpo com o antígeno acaba causando a destruição ou a inativação dos antígenos. Essa reação de defesa é fundamental para proteger nosso organismo contra o constante assédio de microorganismos causadores de doenças.

Incompatibilidade sanguínea no sistema ABO

Landsteiner percebeu que as hemácias ou glóbulos vermelhos do sangue podem ter, ou não, aderidos em suas membranas, dois tipos de antígenos, **A** e **B**, nos quais podem existir quatro tipos de hemácias:

- **A**: apresentam apenas antígeno **A**;
- **B**: apresentam apenas antígeno **B**;
- **AB**: apresentam antígenos **A** e **B**;
- **O**: não apresentam nenhum dos dois antígenos.

No plasma podem existir, ou não, dois tipos de anticorpos: **Anti-A** e **Anti-B**. Assim:

- o indivíduo de sangue tipo **A** não produz anticorpos **Anti-A**, mas é capaz de produzir anticorpos **Anti-B**, uma vez que o antígeno **B** lhe é estranho;
- o indivíduo de sangue tipo **B** não produz anticorpos **Anti-B**, mas é capaz de produzir anticorpos **Anti-A**, uma vez que o antígeno **A** lhe é estranho;
- o indivíduo **AB** não produz nenhum dos dois anticorpos pois os dois antígenos lhe são familiares;
- o indivíduo **O** é capaz de produzir anticorpos **Anti-A** e **Anti-B**, pois não apresenta em suas hemácias antígenos **A** e **B**.

A primeira transfusão precedida de exame de compatibilidade ABO foi realizada em 1907, por Reuben Ottenberg. No entanto, esse procedimento só passou a ser utilizado em larga escala a partir da Primeira Guerra Mundial (1914 - 1918).

O sistema de grupo sanguíneo Rh

Quase quatro décadas após a descoberta do sistema de grupo sanguíneo ABO, outro fato que revolucionou a prática da medicina transfusional foi a identificação, também em humanos, do fator Rh, observado no sangue de macacos Rhesus.

Na população branca, cerca de 85% das pessoas possuem o fator Rh nas hemácias, sendo por isso chamados de **Rh+** (Rh positivos). Os 15% restantes que não o possuem são chamados de **Rh-** (Rh negativos).

Incompatibilidade sanguínea no sistema Rh

É importante conhecer o tipo sanguíneo em relação ao sistema **Rh**, pois também nesse caso podem ocorrer reações de incompatibilidade em transfusões de sangue.

Um indivíduo **Rh negativo** só deve receber transfusão de sangue **Rh negativo**. Caso receba sangue **Rh positivo**, haverá sua sensibilização e a formação de anticorpos **Anti-Rh**.

Eritroblastose fetal

Os anticorpos Anti-Rh são responsáveis por uma doença conhecida como **eritroblastose fetal** ou **doença hemolítica do recém-nascido**, que decorre da incompatibilidade sanguínea entre a mãe e o feto (ela Rh- e ele Rh+), resultando na destruição das hemácias do feto pelos anticorpos Anti-Rh produzidos pela mãe.

Em 1951, eram conhecidos nove sistemas de grupos sanguíneos: Atualmente, são 23.

Organização dos bancos de sangue

Vencida a questão da incompatibilidade, a batalha enfrentada a seguir foi desenvolver processos e métodos que aumentassem a vida útil do sangue, permitindo o seu armazenamento e a formação de estoques.

A primeira transfusão com sangue armazenado há 26 dias foi realizada em 1918, durante a Primeira Guerra Mundial, na batalha de Cambrai. Atualmente, o prazo de validade do sangue armazenado varia de 35 a 42 dias. Através do processo de criopreservação a -65 graus Celsius, o sangue pode durar até 10 anos. Por ser muito dispendioso, esse processo só é recomendável para a preservação de sangues raros.

A descoberta das soluções anticoagulantes e conservantes, aliada ao desenvolvimento e aperfeiçoamento dos equipamentos de refrigeração, permitiu a organização dos centros de armazenamento de sangue.

Idealizado em Leningrado, em 1932, o primeiro banco de sangue surgiu em Barcelona, em 1936, durante a Guerra Civil Espanhola. O conceito ganhou corpo e expandiu-se durante e após a Segunda Guerra Mundial.

ANEXO 11: Texto 6, livro *Biologia*, editora Saraiva, 12ª ed, 2017.

Cromossomos sexuais e seus genes • CAPÍTULO 8 105

RECURSOS NA WEB

- As origens da teoria cromossômica da herança
Disponível em: <<http://dreyfus.ib.usp.br/bio201/texto7.pdf>>.
- A descoberta dos cromossomos sexuais
Disponível em: <<http://dreyfus.ib.usp.br/bio201/texto8.pdf>>.
- A hemofilia em imagens
Disponível em: <<http://www1.wfh.org/publications/files/pdf-1551.pdf>>.

Acessos em: fev. 2016.

LEITURA

BIOLOGIA E TECNOLOGIA

Cientistas tentam desenvolver espermatozoides femininos

Vários laboratórios e instituições mundiais – incluindo o brasileiro Butantan – estão trabalhando no desenvolvimento de espermatozoides e óvulos a partir de células de pessoas adultas do sexo feminino e masculino, conforme publica em sua última edição a revista britânica *New Scientist*.

Se as experiências conseguirem atingir os seus objetivos será possível, dizem os cientistas, desenvolver óvulos graças à manipulação de células masculinas e espermatozoides a partir de células femininas.

[...]

Neste momento, as investigações estão em fase inicial e já surgem muitos questionamentos sobre a segurança e a viabilidade de uma descendência “artificial”, além, é claro, dos debates éticos.

O problema mais evidente é a criação do espermatozoide a partir de células femininas, que carecem do cromossomo Y – aquele que possui os genes que determinam o sexo masculino.

Este “espermatozoide feminino” teria que ser criado em laboratórios com cromossomos artificiais ou obtidos de espermatozoides de doadores masculinos, técnicas de manipulação biológica consideradas extremas.

Entretanto já se obteve avanço que faz os cientistas pensarem que as células possam se modificar para a criação de gametas do sexo contrário.

O Butantan, [...] por exemplo, já conseguiu desenvolver óvulos e espermatozoides utilizando células-tronco de embriões de ratos machos.

A equipe brasileira de cientistas, comandada por Irina Kerkis, ainda não demonstrou que os óvulos obtidos a partir de células masculinas sejam férteis para a viabilidade da descendência, mas já estão levando a experimentação bem-sucedida com os ratos para os embriões humanos.

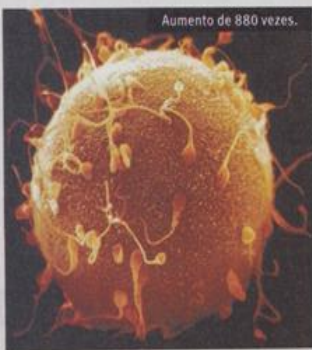
Cientistas britânicos já teriam ido além. Eles afirmam ter criado espermatozoides a partir de células-tronco da medula óssea feminina – abrindo caminho para o fim da necessidade do pai na reprodução.

A experiência vem sendo desenvolvida por especialistas da Universidade de Newcastle que [...] anunciaram ter conseguido transformar células-tronco da medula óssea de homens adultos em espermatozoides imaturos.

O GLOBO Online. Cientistas tentam desenvolver espermatozoides femininos. Atualizado em: 10 jan. 2012. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/cientistas-tentam-desenvolver-espermatozoides-femininos-3635160>>. Acesso em: fev. 2016.

ANALISANDO O TEXTO As respostas das questões dissertativas estão nas Orientações Didáticas, ao final deste volume.

1. Por que um “espermatozoide feminino”, desenvolvido a partir de células-tronco retiradas do organismo de uma mulher, não seria capaz de determinar descendentes do sexo masculino?
2. Um “óvulo masculino”, desenvolvido por meio das mesmas técnicas, poderia dar origem a uma menina?



Aumento de 880 vezes.

Espermatozoides ao redor de óvulo humano, vistos ao microscópio eletrônico de varredura. Será possível, um dia, criar células reprodutivas a partir de células somáticas? (Cores artificiais.)

DAVID M. PHILLIPS/SCIENCE SOURCE/ISTOCK

**NÃO
ESCREVA
NO LIVRO**

ANEXO 12: Texto original de T6 retirado do site *O Globo*.

Cientistas tentam desenvolver espermatozóides femininos

por O Globo Online

31/01/2008 0:00 / Atualizado 10/01/2012 22:16

LONDRES - Vários laboratórios e instituições mundiais - incluindo o brasileiro Butantã - estão trabalhando no desenvolvimento de espermatozóides e óvulos a partir de células de pessoas adultas do sexo feminino e masculino, conforme publica em sua última edição a revista britânica "New Scientist".

Se as experiências conseguirem atingir os seus objetivos será possível, dizem os cientistas, desenvolver óvulos graças à manipulação de células masculinas e e espermatozóide a partir de células femininas.

O avanço científico poderia permitir que casais de homossexuais possam ter sua descendência sem precisar de gametas do sexo oposto, ainda que o útero de uma mulher continue a ser necessário para o desenvolvimento normal da gravidez.

Neste momento, as investigações estão em fase inicial e já surgem muitos questionamentos sobre a segurança e a viabilidade de uma descendência "artificial", alé, é claro, dos debates éticos.

O problema mais evidente é a criação do espermatozóide a partir de células femininas, que carecem do cromossomo Y - aquele que possui os genes que determinam o sexo masculino.

Este "espermatozóide feminino" teria que ser criado em laboratórios com cromossomos artificiais ou obtidos de espermatozóides de doadores masculinos, técnicas de manipulação biológica consideradas extremas.

Entretanto já se obteve avanço que faz os cientistas pensarem que as células possam se modificar para a criação de gametas do sexo contrário.

O Butantã, de São Paulo, por exemplo, já conseguiu desenvolver óvulos e espermatozóides utilizando células-tronco de embriões de ratos machos.

A equipe brasileira de cientistas, comandada por Irina Kerkis, ainda não demonstrou que os óvulos obtidos a partir de células masculinas sejam férteis para a viabilidade da descendência, mas já estão levando a experimentação bem-sucedida com os ratos para os embriões humanos. Cientistas britânicos já teriam ido além. Eles afirmam ter criado espermatozóides a partir de células-tronco da medula óssea feminina - abrindo caminho para o fim da necessidade do pai na reprodução.

A experiência vem sendo desenvolvida por especialistas da Universidade de New Castle que, em abril do ano passado, anunciaram ter conseguido transformar células-tronco da medula óssea de homens adultos em espermatozóides imaturos.

ANEXO 13: Texto 7, livro *Biologia*, editora Saraiva, 12ª ed, 2017.

Biotecnologia • CAPÍTULO 13 161



LEITURA
 DEU NA MÍDIA

A polêmica do arroz dourado

Numa ensolarada manhã de agosto, 400 manifestantes derrubaram as cercas em torno de uma lavoura na região filipina de Bicol e, uma vez lá dentro, arrancaram do chão pés de arroz geneticamente modificados.

Se as plantas tivessem sobrevivido o suficiente para florescer, teriam revelado um tom distintamente amarelo na parte do grão que deveria ser branca. Isso porque o arroz possui um gene do milho e outro de uma bactéria, fazendo dessa a única variedade existente a produzir betacaroteno, fonte de vitamina A. Seus desenvolvedores o chamam de “arroz dourado”.

[...]

Uma iminente decisão do governo filipino sobre permitir ou não o cultivo do arroz dourado fora dos quatro campos de teste remanescentes confere uma nova dimensão ao debate sobre os méritos dessa tecnologia.

O arroz dourado não pertence a nenhuma companhia específica. Ele está sendo desenvolvido por uma organização sem fins lucrativos chamada Instituto Internacional de Pesquisa do Arroz, com o objetivo de oferecer uma nova fonte de vitamina A para pessoas nas Filipinas – onde a maioria das famílias tem no arroz sua principal fonte de calorias – e futuramente em muitos outros lugares de um mundo onde metade da população come arroz diariamente.

A falta da vitamina A, nutriente vital, causa cegueira em 250 mil a 500 mil crianças por ano. Ela afeta milhões de pessoas na Ásia e na África e enfraquece tanto o sistema imunológico que 2 milhões morrem por ano de doenças que, em outras circunstâncias, não seriam fatais.

[...] Numa petição em prol do arroz dourado que circulou entre os cientistas e foi assinada por milhares deles, muitos manifestaram sua frustração com organizações ativistas como o *Greenpeace*, que, segundo eles, aproveitaram-se dos temores equivocados despertados pela engenharia genética.

[...] Michael Purugganan, professor de genômica e biologia e pró-reitor de ciências da Universidade de Nova York [comenta:]: “Os genes que eles inseriram para fazer a vitamina não são nenhum material manufaturado esquisito, mas sim genes encontrados também em abóboras, cenouras e melões”, escreveu ele em uma cartilha publicada pelo *GMA News Online*, veículo noticioso filipino.

[...] Precisamente por causa do seu propósito elevado, o arroz dourado atrai suspeitas. Muitos países proíbem o cultivo de todos os OGMs. No começo da década passada, a ambientalista indiana Vandana Shiva disse que o arroz dourado seria um “cavalo de Troia”, destinado a conquistar o apoio da opinião pública para organismos transgênicos que beneficiariam corporações à custa de consumidores e agricultores pobres.

[...] Se esse arroz obtiver aprovação do governo filipino, ele não custará mais do que outras variedades para os agricultores pobres, que estarão liberados para replantar as sementes.

[...] Uma objeção aos OGMs é que eles podem conter riscos desconhecidos [...]. O *Greenpeace*, por exemplo, já disse que continuará se opondo a eles. “Preferimos pecar por cautela”, disse Daniel Ocampo, ativista da organização nas Filipinas.

Para outros, o potencial para aliviar o sofrimento é tudo o que importa. Como escreveu um dos signatários da petição, o mexicano Javier Delgado: “Essa tecnologia pode salvar vidas. Mas falsos temores podem destruí-la.”



ERIC DE CASTRO/REUTERS/LANDSTOCK

O projeto do arroz dourado iniciou-se na década de 1980 nos Estados Unidos. Mas ele começou ser produzido para comercialização apenas nos anos 2000, em um laboratório nas Filipinas.

ANALISANDO O TEXTO

As respostas das questões dissertativas estão nas Orientações Didáticas, ao final deste volume.

- O texto deixa claras as posições a favor e contra o plantio e uso do arroz dourado. Com base nisso, faça uma lista de argumentos a favor do consumo desse alimento e outra de argumentos contra. Compare seus resultados com os de seus colegas.



NÃO
ESCREVA
NÃO LIVRO

ANEXO 14: Texto original de T7 retirado da *Folha de São Paulo*.

Arroz dourado levanta debate sobre transgênicos

AMY HARMON

DO "NEW YORK TIMES" 03/09/2013 03h00

Numa ensolarada manhã de agosto, 400 manifestantes derrubaram as cercas em torno de uma lavoura na região filipina de Bicol e, uma vez lá dentro, arrancaram do chão pés de arroz geneticamente modificados.

Se as plantas tivessem sobrevivido o suficiente para florescer, teriam revelado um tom distintamente amarelo na parte do grão que deveria ser branca. Isso porque o arroz possui um gene do milho e outro de uma bactéria, fazendo dessa a única variedade existente a produzir betacaroteno, fonte de vitamina A. Seus desenvolvedores o chamam de "arroz dourado".



O arroz dourado foi geneticamente modificado para produzir betacaroteno, fonte de vitamina A, mas há quem tema e se oponha ao seu cultivo

As preocupações manifestadas pelos participantes no ato de 8 de agosto --que o arroz representa riscos imprevisíveis para a saúde humana e o ambiente e que ele afinal servirá para dar lucro a grandes companhias agroquímica-- são comuns quando se discute os méritos dos produtos agrícolas geneticamente modificados.

São essas preocupações que motivaram alguns americanos a reivindicar rótulos obrigatórios com a sigla "OGM" [organismo geneticamente modificado] para identificar alimentos que tenham ingredientes feitos a partir de produtos agrícolas cujos DNAs tenham sido alterados em laboratório.

São elas também que resultaram em protestos semelhantes a outros produtos transgênicos nos últimos anos: uvas concebidas para lutar contra um vírus letal, na França, trigo criado para ter um menor índice glicêmico, na Austrália, e beterrabas açucareiras preparadas para tolerar um herbicida, no Oregon, nos EUA.

"Não queremos que nossa gente, especialmente nossas crianças, seja usada nessas experiências", disse ao jornal filipino "Remate" um agricultor que esteve entre os líderes do protesto. Mas os defensores do arroz dourado dizem que ele é diferente de quaisquer dos produtos agrícolas transgênicos amplamente usados hoje, que são feitos para resistir a herbicidas ou a ataques de insetos, com benefícios para os produtores rurais, mas não diretamente para os consumidores.

Uma iminente decisão do governo filipino sobre permitir ou não o cultivo do arroz dourado fora dos quatro campos de teste remanescentes confere uma nova dimensão ao debate sobre os méritos dessa tecnologia.

O arroz dourado não pertence a nenhuma companhia específica. Ele está sendo desenvolvido por uma organização sem fins lucrativos chamada Instituto Internacional de Pesquisa do Arroz, com o objetivo de oferecer uma nova fonte de vitamina A para pessoas nas Filipinas -onde a maioria das famílias tem no arroz sua principal fonte de calorias- e futuramente em muitos outros lugares de um mundo onde metade da população come arroz diariamente.

A falta da vitamina A, nutriente vital, causa cegueira em 250 mil a 500 mil crianças por ano. Ela afeta milhões de pessoas na Ásia e na África e enfraquece tanto o sistema imunológico que 2 milhões morrem por ano de doenças que, em outras circunstâncias, não seriam fatais.

A destruição de uma lavoura experimental e as razões apresentadas para isso incomodaram cientistas no mundo todo, motivando-os a reagir às alegações acerca dos riscos sanitários e ambientais dessa tecnologia.

Numa petição em prol do arroz dourado que circulou entre os cientistas e foi assinada por milhares deles, muitos manifestaram sua frustração com organizações ativistas como o Greenpeace, que, segundo eles, aproveitam-se dos temores equivocados despertados pela engenharia genética.

O que está em jogo, afirmam eles, não é só o futuro do arroz biofortificado, mas também os meios racionais para avaliar uma tecnologia cujo potencial para melhorar a nutrição poderá de outra forma ficar por realizar.

"Paira por aí muita desinformação a respeito dos OGMs que é tomada como fato pelas pessoas", disse Michael Purugganan, professor de genômica e biologia e pró-reitor de ciências da Universidade de Nova York. "Os genes que eles inseriram para fazer a vitamina não são nenhum material manufaturado esquisito, mas sim genes encontrados também em abóboras, cenouras e melões", escreveu ele em uma cartilha publicada pelo GMA News Online, veículo noticioso filipino. "Muitas das críticas aos OGMs no mundo ocidental padecem da falta de compreensão sobre como a situação é realmente difícil nos países em desenvolvimento."

Nina Fedoroff, professora da Universidade Rei Abdullah de Ciência e Tecnologia, na Arábia Saudita, e ex-consultora científica da Secretaria de Estado dos EUA, ajudou a difundir o abaixo-assinado. "Já passou da hora de os cientistas se levantarem e gritarem: 'Chega de mentiras'", disse ela. "Estamos falando em salvar milhões de vidas aqui."

Precisamente por causa do seu propósito elevado, o arroz dourado atrai suspeitas. Muitos países proíbem o cultivo de todos os OGMs. No começo da década passada, a ambientalista indiana Vandana Shiva disse que o arroz dourado seria um "cavalo de Troia", destinado a conquistar o apoio da opinião pública para organismos transgênicos que beneficiariam corporações à custa de consumidores e agricultores pobres.

Em um artigo de 2001, "The Great Yellow Hype" (o grande "hype" amarelo), o autor Michael Pollan sugeriu que esse arroz pode ter sido desenvolvido "para ganhar uma discussão, em vez de resolver um problema de saúde pública".

Mas o arroz foi aperfeiçoado desde então, dizem seus defensores: uma tigela contém atualmente 60% da necessidade diária de vitamina A para uma criança saudável. A possibilidade de que o arroz dourado possa se transpolinizar com outras variedades também é considerada limitada, porque o arroz se autopoliniza.

Se esse arroz obtiver aprovação do governo filipino, ele não custará mais do que outras variedades para os agricultores pobres, que estarão liberados para replantar as sementes.

A Fundação Bill e Melinda Gates está apoiando os testes finais do arroz dourado. Também está patrocinando o desenvolvimento de cultivos específicos para a África Subsaariana, como uma mandioca resistente a um vírus que habitualmente destrói um terço das safras ou um milho que usa o nitrogênio de forma mais eficiente. Outros pesquisadores estão desenvolvendo um feijão-fradinho resistente a pestes e uma banana que contém vitamina A.

Uma objeção aos OGMs é que eles podem conter riscos desconhecidos. Tais cultivos, afirmou a "Scientific American" em agosto, "só com apoio da opinião pública chegarão às mesas das pessoas". O Greenpeace, por exemplo, já disse que continuará se opondo a eles. "Preferimos pecar por cautela", disse Daniel Ocampo, ativista da organização nas Filipinas.

Para outros, o potencial para aliviar o sofrimento é tudo o que importa. Como escreveu um dos signatários da petição, o mexicano Javier Delgado: "Essa tecnologia pode salvar vidas. Mas falsos temores podem destruí-la."

ANEXO 15: Texto 8, livro *Biologia: Unidade e Diversidade*, editora FTD, 1ª Ed, 2016.

► **Células animais e células vegetais: uma comparação**

As células vegetais e as células animais apresentam muitos organelos em comum: mitocôndrias, retículo endoplasmático, complexo golgiense e ribossomos. No entanto, há importantes diferenças (**tabela 1**): nas plantas com flores (maioria das plantas) as células não têm centríolos. Os lisossomos são pouco

frequentes em células vegetais, sendo encontrados, por exemplo, em sementes, nas quais são responsáveis pela digestão das substâncias de reserva, consumidas na germinação. Nas células animais não se encontram a parede celular, os cloroplastos e os grandes vacúolos.

Tabela 1. Estruturas celulares: funções e distribuição em três tipos de células

Estrutura	Funções	Bactérias	Animais	Plantas
Parede celular	Manutenção da forma e proteção da célula	Presente	Ausente	Presente
Membrana plasmática	Manutenção das condições do meio intracelular; controle das trocas entre a célula e o meio extracelular	Presente	Presente	Presente
Envoltório nuclear	Controle do fluxo de substâncias entre o núcleo e o citoplasma	Ausente	Presente	Presente
Cromossomo	Controle da estrutura e do funcionamento celular	Único, circular (DNA)	Múltiplos, lineares (DNA e proteínas)	Múltiplos, lineares (DNA e proteínas)
Núcleo	Formação dos ribossomos	Ausente	Presente	Presente
Centríolo	Formação dos cílios e flagelos; participação na divisão celular	Ausente	Presente	Ausente (na maioria)
Ribossomo	Produção de proteínas	Presente	Presente	Presente
Retículo endoplasmático granuloso	Produção de proteínas	Ausente	Presente	Presente
Retículo endoplasmático não granuloso	Produção de lipídios; armazenamento; inativação de substâncias tóxicas	Ausente	Presente	Presente
Complexo golgiense	Secreção celular	Ausente	Presente	Presente
Lisossomo	Digestão intracelular	Ausente	Presente	Presente (raramente)
Peroxisomo	Degradação de substâncias tóxicas	Ausente	Presente	Presente (raramente)
Vacúolo central	Equilíbrio osmótico e armazenamento	Ausente	Ausente	Presente
Mitocôndria	Respiração celular aeróbia	Ausente	Presente	Presente
Cloroplasto	Fotossíntese	Ausente	Ausente	Presente
Citoesqueleto	Manutenção da forma celular; contração; ancoragem de organelos	Ausente	Presente	Presente

A notícia

Veneno de vespa brasileira mata células de câncer sem atingir células saudáveis

Vespas têm péssima reputação. Até as abelhas, cuja picada é igualmente dolorida, são mais queridas – afinal, fazem mel e até que são fofinhas.

Mas uma nova descoberta científica revelou que temos sido injustos com as vespas.

Pesquisadores da Universidade Estadual Paulista (Unesp) descobriram que o veneno de vespa tem o poder de atacar células cancerosas sem atingir células saudáveis. A pesquisa foi realizada em parceria

com a University of Leeds [na Inglaterra]. A toxina responsável chama-se Polybia-MP1, e é produzida pela vespa *Polybia paulista* – a famosa “paulistinha”. [...].

Assim, a toxina abre furos nas células, tornando-as mais permeáveis. De acordo com João Ruggiero Neto, da Unesp, coautor da pesquisa, esses buracos levam “apenas segundos” para se formarem, e permitem que moléculas como RNA e outras proteínas escapem da célula, inutilizando-a.

Testes já demonstraram que a toxina pode inibir o crescimento de células de câncer de próstata, de bexiga e de leucemia, que se mostraram resistentes a uma série de outros tratamentos. [...]

AGUIAR, I. Veneno de vespa brasileira mata células de câncer sem atingir células saudáveis. **Superinteressante**, São Paulo: Abril Comunicações S. A. 10 set. 2015. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/ciencia/veneno-de-vespa-brasiliana-mata-celulas-de-cancer-sem-atingir-celulas-saudaveis>>. Acesso em: dez. 2015.

Atividades

Escreva no caderno

Depois de ler o texto da reportagem, faça as atividades propostas:

- De acordo com o autor, por que essa notícia pode mudar a “reputação” das vespas do imaginário popular?
- Levando em conta os conhecimentos a respeito do papel dos principais componentes celulares, qual deles deve ser afetado pela toxina produzida pela vespa “paulistinha”? Como você chegou a esta conclusão?

ANEXO 16: Texto original de T8 retirado da revista *Superinteressante*.

Veneno de vespa brasileira mata células de câncer sem atingir células saudáveis

Por **Brasil Post**

access_time31 out 2016, 19h02 - Publicado em 10 set 2015, 17h15



Vespas têm péssima reputação. Até as abelhas, cuja picada é igualmente dolorida, são mais queridas – afinal, fazem mel e até que são fofinhas.

Mas uma nova descoberta científica revelou que temos sido injustos com as vespas.

Pesquisadores da Universidade Estadual Paulista (Unesp) descobriram que o veneno de vespa tem o poder de atacar células cancerosas sem atingir células saudáveis. A pesquisa foi realizada em parceria com a University of Leeds.

Leia: 8 erros que as pessoas cometem em nome da saúde

A toxina responsável chama-se Polybia-MP1, e é produzida pela vespa *Polybia paulista* – a famosa “paulistinha”.

O estudo, publicado no começo do mês no periódico *Biophysical Journal*, descreve como o MP1 reage com moléculas de gordura que existem apenas na membrana das células cancerosas.

Assim, a toxina abre furos nas células, tornando-as mais permeáveis. De acordo com João Ruggiero Neto, da Unesp, co-autor da pesquisa, esses buracos levam “apenas segundos” para se formarem, e permitem que moléculas como RNA e outras proteínas escapem da célula, inutilizando-a.

Testes já demonstraram que a toxina pode inibir o crescimento de células de câncer de próstata, de bexiga e de leucemia, que se mostraram resistentes a uma série de outros tratamentos.

A descoberta é especialmente excitante porque pode dar início a uma classe inteiramente nova de tratamento anticâncer.

Agora, os pesquisadores devem continuar investigando as propriedades do veneno para que ele finalmente possa ser utilizado para fins terapêuticos.

LEIA MAIS:

7 verdades sobre o câncer (que gostaríamos que fossem mentiras)

Tratamento mata o câncer sem efeitos colaterais

Câncer surgiu há 1 bilhão de anos

ANEXO 17: Texto 9, livro *Biologia: Unidade e Diversidade*, editora FTD, 1ª Ed, 2016.

A notícia

Tratamento pioneiro com célula-tronco para silicose pulmonar é eficaz

Primeiro resultado conclusivo de pesquisa da UFRJ mostrou melhora de 5% no funcionamento pulmonar

O uso de células-tronco para o tratamento de pacientes com silicose pulmonar se mostrou eficiente em barrar a progressão da doença em um ano de acompanhamento. A inserção dessas células por broncoscopia consegue ainda melhorar em 5% o funcionamento das áreas do órgão que não foram afetadas pela sílica. [...]

A silicose pulmonar é uma doença causada pela inalação da poeira de sílica. O problema afeta principalmente funcionários da construção civil e pessoas que trabalham com lapidação de joias e com

jateamento de cascos de navio com jato de areia. Ao entrar nas vias respiratórias, essa poeira se deposita nos alvéolos pulmonares e fica ali para sempre. Como o organismo não consegue destruir a sílica, um processo inflamatório lento e contínuo é instalado no local. O resultado é a formação de um tecido de cicatrização que vai tomando todo o pulmão – que acaba por perder sua função. Assim, o paciente desenvolve insuficiência respiratória. Estima-se que cerca de 6 milhões de brasileiros foram expostos à poeira de sílica.

Uma técnica criada pelo pesquisador Marcelo Morales, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), é pioneira no mundo. “As células-tronco modularam o processo inflamatório e acabaram por impedir a evolução desse processo”, diz. O tratamento consiste na ingestão [aplicação], via broncoscopia, de células-tronco adultas derivadas da medula óssea do próprio paciente, e se mostrou eficaz em barrar o crescimento da fibrose. Ele não regenerou, no entanto, aquelas células que já haviam se tornado tecido cicatrizado. [...]

YARAK, A. Tratamento pioneiro com célula-tronco para silicose pulmonar é eficaz. *Veja*, São Paulo: Ed. Abril, 26 ago. 2012. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/saude/tratamento-pioneiro-com-celula-tronco-para-silicose-pulmonar-se-mostrou-eficaz>>. Acesso em: dez. 2015.

A sílica (dióxido de silício, SiO_2), um dos componentes das rochas, pode ser inalada no interior das minas por pessoas que não usam equipamentos de proteção adequados. Depois de se depositar nos pulmões, a sílica é fagocitada por células de defesa e, no citoplasma dessas células, provoca o rompimento dos lisossomos.

O extravasamento das enzimas digestivas destrói o tecido pulmonar e causa a silicose (conhecida como “doença dos mineiros”), patologia muito incapacitante, caracterizada pela redução grave e progressiva da capacidade respiratória. Pessoas que trabalham em atividades como escavação de poços, mineração de carvão, ouro e estanho, corte de pedras, polimento de mármore ou granito, lapidação, indústrias de cerâmica, vidro, abrasivos e de cosméticos ficam expostas à inalação desse mineral, sobretudo se não utilizam os necessários equipamentos de proteção.

Atividade

Escreva
no caderno

Depois de ler a reportagem, julgue (V ou F) as afirmativas:

- V I. A silicose é rara no Brasil.
- F II. A silicose é causada pela destruição das partículas de sílica pelas células dos alvéolos pulmonares.
- V III. A terapia experimental com células-tronco foi capaz de interromper o avanço da doença, apesar de não regenerar as áreas com fibrose.

Movimentos celulares

O citoplasma é preenchido pelo **citossol** (ou hialoplasma), um coloide semelhante à gelatina. Neste encontram-se dissolvidos carboidratos, proteínas, aminoácidos livres, RNA, nucleotídeos (unidades formadoras do DNA e RNA) e íons inorgânicos. As macromoléculas, principalmente as proteínas, podem se manter coesas por diferentes tipos de forças: se intensas, o citossol é mais **viscoso**; se fracas, ele é mais **fluido**.

No citossol das células eucarióticas, uma trama proteica (chamada **citoesqueleto**, constituída por microfilamentos, microtúbulos e filamentos intermediários), é responsável pela ancoragem e pelo deslocamento de organelos e pela manutenção do formato e da arquitetura da célula.

Os **microfilamentos**, constituídos por moléculas de **actina**, podem gerar movimentos. Os filamentos intermediários são responsáveis por conferir resistência mecânica à célula. Os **microtúbulos** têm paredes formadas por moléculas de **tubulina** e participam da divisão celular e da formação de cílios e flagelos. A tubulina constitui ainda a parede dos centríolos (**figura 19**), cada um formado por nove trincas de microtúbulos.

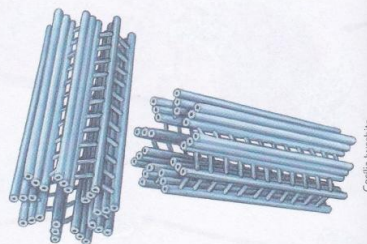


Figura 19. O par de centríolos (dispostos em ângulo de aproximadamente 90°) ocupa uma região da célula denominada centrossomo. Em alguns tipos celulares, o centrossomo participa da formação de cílios e flagelos. (Imagem sem escala; cores-fantasia.)

A organização dinâmica das proteínas citoplasmáticas permite a realização de diferentes tipos de movimentos, entre os quais se destacam os movimentos ameboides, os movimentos de cílios e de flagelos e os movimentos de contração.

ANEXO 18: Texto original de T9 retirado do site *Veja*.

Tratamento pioneiro com célula-tronco para silicose pulmonar é eficaz

Primeiro resultado conclusivo de pesquisa da UFRJ mostrou melhora de 5% no funcionamento pulmonar

Por **Aretha Yarak, de Águas de Lindóia**

access_time 26 ago 2012, 12h57



A silicose pulmonar, quando em estágio avançado, reduz drasticamente a capacidade respiratória do paciente, fazendo necessário o uso de respiradores artificiais (Thinkstock/VEJA/VEJA)

O uso de células-tronco para o tratamento de pacientes com silicose pulmonar se mostrou eficiente em barrar a progressão da doença em um ano de acompanhamento. A inserção dessas células por broncoscopia consegue ainda melhorar em 5% o funcionamento das áreas do órgão que não foram afetadas pela sílica. O resultado do estudo foi apresentado durante a Reunião Anual da Federação de Sociedades de Biologia Experimental (FeSBE), que terminou neste sábado em Águas de Lindóia, interior de São Paulo.

Saiba mais:

CÉLULAS-TRONCO

Também chamadas de células-mãe, podem se transformar em qualquer um dos tipos de células do corpo humano e dar origem a outros tecidos, como ossos, nervos, músculos e sangue. Dada essa versatilidade, vêm sendo testadas na regeneração de tecidos e órgãos de pessoas doentes

A silicose pulmonar é uma doença causada pela inalação da poeira de sílica. O problema afeta principalmente funcionários da construção civil e pessoas que trabalham com lapidação de jóias e com jateamento de cascos de navio com jato de areia. Ao entrar nas vias respiratórias, essa poeira se deposita nos alvéolos pulmonares e fica ali para sempre. Como o organismo não consegue destruir a sílica, um processo inflamatório lento e contínuo é instalado no local. O resultado é a formação de um tecido de cicatrização que vai tomando todo o pulmão – que acaba por perder sua função. Assim, o paciente desenvolve insuficiência respiratória. Estima-se que cerca de 6 milhões de brasileiros foram expostos à poeira de sílica.

Uma técnica criada pelo pesquisador Marcelo Morales, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), é pioneira no mundo. “As células-tronco modularam o processo inflamatório e acabaram por impedir a evolução desse processo”, diz. O tratamento consiste na ingestão, via broncoscopia, de células-tronco adultas derivadas da medula óssea do próprio paciente, e se mostrou eficaz em barrar o crescimento da fibrose. Ele não regenerou, no entanto, aquelas células que já haviam se tornado tecido

cicatrizado. “Nos modelos animais, percebemos ainda que será necessário a aplicação de mais de uma dose, porque a doença volta a crescer depois de um tempo.”

Teste em humanos – Os testes para conferir a segurança do procedimento começaram há mais de um ano, mas só chegaram a resultados conclusivos agora. Eles foram realizados em cinco voluntários. “No dia seguinte após a broncoscopia, os pacientes já estavam em casa”, diz Morales. Depois de um ano de acompanhamento, não foram registrados reações ou quaisquer tipos de efeitos adversos. Nenhum dos pacientes teve ainda uma piora do quadro respiratório. Agora, com o fim da fase de pesquisas de segurança, o próximo passo é dar início à fase de eficácia. Segundo Morales, a ideia é que cerca de 30 pacientes participem dos testes.

Pacientes com caso muito avançado da doença, no entanto, não poderão se beneficiar da nova técnica – quando aprovada. Isso porque, como não tem a capacidade de regenerar o pulmão, mas sim barrar a evolução da doença, as células-tronco não reestabelecem a função respiratória gravemente prejudicada. Para esses pacientes, a chance de tratamento está apenas em um transplante pulmonar. “Em um estágio intermediário, o paciente já poderá vir a se beneficiar da terapia”, diz Morales.

Grupos de pesquisa da UFRJ têm estudado ainda o uso de células-tronco em outras doenças respiratórias, como asma e lesão pulmonar aguda. Os resultados obtidos até o momento foram positivos.

ANEXO 19: Texto 10, livro *Biologia: Unidade e Diversidade*, editora FTD, 1ª Ed, 2016.

A notícia

Trio que descobriu mecanismos de reparo do DNA leva Nobel de Química

*Eles são Paul Modrich (EUA), Aziz Sancar (Turquia) e Tomas Lindahl (Suécia).
Descobertas ajudaram a entender o surgimento de alguns tipos de câncer.*

O Prêmio Nobel de Química de 2015 foi para três pesquisadores que descobriram mecanismos biomoleculares naturais que reparam erros no DNA, a molécula que contém as informações para o desenvolvimento e funcionamento dos seres vivos.

[...]

O DNA é uma molécula relativamente instável e sua composição pode ser danificada por raios ultravioleta, por substâncias tóxicas e pelo próprio processo de duplicação, que envolve uma química sofisticada.

Os cientistas que receberam o Nobel de Química neste ano descobriram mecanismos que existem em praticamente todos os seres vivos e servem como "caixas de ferramentas" naturais para consertar esses defeitos que surgem espontaneamente.

[...]

A estrutura do DNA foi descoberta em 1953, e, até a década de 1970, cientistas ainda acreditavam que ele fosse uma molécula estável. Trabalhos de Lindahl, porém, mostraram que o DNA era tão frágil que tornaria impossível a existência da vida sem um meio de proteção. O próprio sueco passou a investigar

o problema e descobriu um mecanismo chamado de "reparação por excisão de base", que fica em alerta para erros na cópia das bases nitrogenadas que compõem as "letras" do código do DNA.

Esse processo, porém, não dava conta de explicar toda a estratégia da molécula para se manter estável. Sancar, então, passou a estudar danos que os raios ultravioleta causam aos cromossomos. Ele descobriu o "reparo por excisão de nucleotídeo", que detecta danos extraídos em pedaços maiores da molécula. [...] Pessoas que nascem com defeitos congênitos nesse sistema de reparo são extremamente susceptíveis a câncer de pele.

Modrich, por sua vez, descobriu um sistema batizado de "reparo de pareamentos errados" (*mismatch repair*), que detecta erros de cópia quando o DNA é replicado para a divisão celular. Problemas nesse mecanismo também estão ligados a alguns tipos de câncer.

Os mecanismos descobertos pelos pesquisadores estão todos ligados a enzimas, proteínas que promovem reações bioquímicas, produzidas pelos organismos. Elas são capazes de detectar erros

no DNA, remover partes da molécula, e recolocar as peças faltantes.

[...]

[Lindahl] ressaltou a importância do estudo dos mecanismos de reparos de DNA para o desenvolvimento de medicamentos.

"Drogas contra o câncer frequentemente agem danificando o DNA da célula tumoral para tentar matá-la, e a célula tumoral reage tentando reparar seu DNA", explicou. "É uma faca de dois gumes: somos gratos por ter reparo de DNA, mas não nos agrada que as células tumorais o tenham também. Temos de compreender esses mecanismos para que possamos fornecer boas terapias seletivamente."

[...]

O pesquisador [Sancar] disse acreditar que a importância dos mecanismos de reparo de DNA para pesquisas de prevenção e tratamento do câncer foram o fator primordial na decisão do Nobel em premiar sua linha de pesquisa.

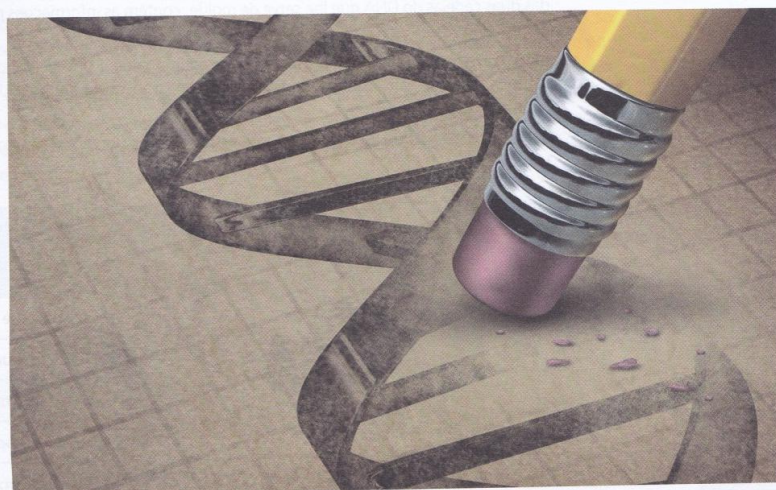
Trio que descobriu mecanismos de reparo do DNA leva Nobel de Química. **Portal G1**, 7 out. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2015/10/trio-que-descobriu-mecanismos-de-reparo-do-dna-leva-nobel-de-quimica.html>>. Acesso em: jan. 2016.

Atividades

Escreva
no caderno

Depois de ler a notícia, faça o que está proposto a seguir.

1. O que há em comum entre as linhas de pesquisa dos três vencedores do prêmio Nobel de 2015?
2. Comente a veracidade da afirmativa: "Apesar da importância teórica das descobertas sobre os mecanismos de reparo do DNA, ainda não se vislumbra aplicação prática para elas".
3. Associe a notícia à charge a seguir.



Lightspring/Shutterstock.com

ANEXO 20: Texto original de T10 retirado do site *G1*.

07/10/2015 06h54 - Atualizado em 07/10/2015 11h49

Trio que descobriu mecanismos de reparo do DNA leva Nobel de Química

Eles são Paul Modrich (EUA), Aziz Sancar (Turquia) e Tomas Lindahl (Suécia).

Descobertas ajudaram a entender o surgimento de alguns tipos de câncer.



Tomas Lindahl, Paul Modrich e Aziz Sancar (esq. para a dir.) ganhadores do Prêmio Nobel de Química de 2015 (Foto: J. Tallis/AFP - HHMI/Divulgação - UNC/Reuters)

O **Prêmio Nobel** de Química de 2015 foi para três pesquisadores que descobriram mecanismos biomoleculares naturais que reparam erros no DNA, a molécula que contém as informações para o desenvolvimento e funcionamento dos seres vivos.

Paul Modrich, 68, americano, Aziz Sancar, 69, turco e Tomas Lindahl, 77, sueco, dividem os 8 milhões de coroas suecas (US\$ 963 mil) do prêmio em três partes iguais.

Modrich trabalha na Universidade Duke, de Durham (EUA), Sancar, na Universidade da Carolina do Norte (EUA), e Lindahl, no Instituto Francis Crick, de Hertfordshire (Reino Unido).

O DNA é uma molécula relativamente instável e sua composição pode ser danificada por raios ultravioleta, por substâncias tóxicas e por próprio processo de duplicação, que envolve uma química sofisticada.

Os cientistas que receberam o Nobel de química neste ano descobriram mecanismos que existem em praticamente todos os seres vivos e servem como "caixas de ferramentas" naturais para consertar esses defeitos que surgem espontaneamente.

Controle de erros

A estrutura do DNA foi descoberta em 1953, e até a década de 1970, cientistas ainda acreditavam que ele fosse uma molécula estável. Trabalhos de Lindahl, porém, mostraram que o DNA era tão frágil que tornaria impossível a existência da vida sem um meio de proteção. O próprio sueco passou a investigar o problema e descobriu um mecanismo chamado de "reparação por excisão de base", que fica em alerta para erros na cópia das bases nitrogenadas que compõem as "letras" do código do DNA.

Esse processo, porém, não dava conta de explicar toda a estratégia da molécula para se manter estável. Sancar, então, passou a estudar danos que os raios ultravioleta causam aos cromossomos. Ele descobriu o "reparo por excisão de nucleotídeo", que detecta danos extraídos em pedaços maiores da molécula. Nucleotídeos incluem segmentos do "eixo" no qual as "letras" são afixadas. Pessoas que nascem com defeitos congênitos nesse sistema de reparo são extremamente susceptíveis a câncer de pele.

Modrich, por sua vez, descobriu um sistema batizado de "reparo de pareamentos errados" (*mismatch repair*), que detecta erros de cópia quando o DNA é replicado para a divisão celular. Problemas nesse mecanismo também estão ligados a alguns tipos de câncer.

Os mecanismos descobertos pelos pesquisadores estão todos ligados a enzimas, proteínas que promovem reações bioquímicas, produzidas pelo organismos. Elas são capazes de detectar erros no DNA, remover partes da molécula, e recolocar as peças faltantes.

Aplicações médicas

Lindahl, que concedeu nesta manhã uma entrevista coletiva por telefone, se disse surpreso com o anúncio do prêmio. "Eu sabia que, ocasionalmente, em outros anos meu nome já havia sido considerado para o prêmio, mas até aí, centenas de outras pessoas também foram" afirmou. "Me sinto muito sortudo e orgulhoso."

Na entrevista, o cientista ressaltou a importância do estudo dos mecanismos de reparos de DNA para o desenvolvimento de medicamentos.

"Droga contra o câncer frequentemente age danificando o DNA da célula tumoral para tentar matá-la, e a célula tumoral reage tentando reparar seu DNA", explicou. "É uma faca de dois gumes: somos gratos por ter reparo de DNA, mas não nos agrada que as células tumorais o tenham também. Temos de compreender esses mecanismos para que possamos fornecer boas terapias seletivamente."

Segundo o cientista, medicamentos que tentam atacar parasitas como vírus e bactérias também tem esse aspecto em foco. "Os mecanismos de reparo de DNA são distribuídos universalmente: todas as células vivas possuem esquemas que são mais ou menos eficientes", explicou. "Tentamos identificar alvos frágeis em patógenos que atuam reparando DNA para que possamos tentar danificá-los."

Combate ao câncer

Sancar, em entrevista para a agência de notícias Reuters, também se disse surpreso com o Nobel. "Eu fiz trabalhos significativos para merecer o prêmio, mas não o estava esperando neste ano", afirmou. "Eu nem sabia que havia sido indicado."

O pesquisador disse acreditar que a importância dos mecanismos de reparo de DNA para pesquisas de prevenção e tratamento do câncer foram o fator primordial na decisão do Nobel em premiar sua linha de pesquisa.

ANEXO 21: Texto 11, livro *Biologia: Unidade e Diversidade*, editora FTD, 1ª Ed, 2016.

A notícia

Especialistas descartam clonagem para salvar espécies ameaçadas

Prioridade deve continuar sendo a conservação dos animais no seu habitat natural, afirmam. Clonagem é indicada sobretudo para criar exemplares para zoológicos

A clonagem é vista por alguns pesquisadores como uma alternativa para salvar animais ameaçados de extinção. Desde o início de 2000, pesquisas vêm sendo feitas em vários países, incluindo o Brasil. Para muitos especialistas, porém, esse processo reprodutivo está longe de ser uma alternativa viável para salvar as mais de 20 mil espécies ameaçadas no mundo.

"A clonagem é uma ferramenta emergencial no caso de uma multiplicação necessária, quando há poucos indivíduos, mas ela não vai recuperar ou salvar uma espécie. Vamos produzir exemplares para o zoológico", afirma o pesquisador Carlos Frederico Martins, coordenador do projeto da Embrapa, desenvolvido com o zoológico de Brasília, para clonar animais ameaçados.

Apesar dos avanços científicos dos últimos anos, a clonagem continua sendo um processo muito complexo, com resultados nem sempre satisfatórios. Além do DNA do animal a ser clonado, o processo depende também de um óvulo adequado para receber o embrião e da escolha do receptor para gestar o clone. Em muitos casos são necessários vários embriões e gestações para produzir um clone.

Além disso, a expectativa de vida de clones frequentemente é baixa, ou seja,

eles vivem menos tempo do que os demais indivíduos. Eles também apresentam deficiências e não são aptos para se reproduzir. Justamente essa dificuldade reprodutiva é um dos fatores determinantes para excluir a clonagem das alternativas para aumentar a população de animais ameaçados em seu habitat natural.

Além disso, a clonagem nada pode fazer para impedir a destruição de habitats naturais, causada pela interferência humana. Por isso, conservacionistas defendem que, além de proteger as espécies em seu habitat natural, é necessário também preservar o próprio ambiente em que elas vivem.

"Proteção de espécies não significa que o animal sobreviva de alguma maneira, como um clone num zoológico, mas em seu habitat, no seu ecossistema intacto. Esse precisa ser o objetivo de todos os esforços. Muitas outras medidas são muletas, que em longo prazo oferecem pouco sucesso", afirma o biólogo Thomas Pietsch, chefe do departamento de animais silvestres da organização alemã Vier Pfoten.

Colman O'Criadain, analista de políticas do programa de espécies globais do WWF, é da mesma opinião. "A nossa

prioridade é tentar conservar os animais no seu habitat natural. Se falamos na conservação em zoológicos, já perdemos a batalha. Na clonagem para zoológicos há um valor educativo e de curiosidade, mas não é uma contribuição significativa para a conservação", avalia.

[...]

O projeto da Embrapa é o primeiro estudo desse tipo com animais da fauna brasileira. Quase dois anos após seu anúncio, a fase de compra de equipamentos e estruturação de laboratórios já foi concluída, e agora os pesquisadores estão analisando possíveis animais para a clonagem.

Entre os candidatos estão o lobo-guará, o gato-palheiro, o cachorro-vinagre e até o bisão-europeu. O sucesso da clonagem está diretamente ligado ao conhecimento que pesquisadores possuem sobre a fisiologia reprodutiva desses animais. E é justamente nessa fase que se encontra a pesquisa.

[...]

Apesar de ser um processo caro, para o pesquisador a clonagem é válida para zoológicos quando não há muitos exemplares desses animais ou eles são raros. Atualmente, uma clonagem de bovinos custa em torno de 30 mil reais.

NEHER, C. Especialistas descartam clonagem para salvar espécies ameaçadas, publicado em 17 ago. 2014. © Deutsche Welle.



Lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), 1 m de comprimento.



Gato-palheiro (*Oncifelis colocolo*), 60 cm de comprimento.

Atividades

Escreva no caderno

Depois de ler a reportagem, responda:

1. Por que alguns especialistas não veem a clonagem como um meio eficaz para se evitar a extinção de espécies?
2. Cite algumas dificuldades para a utilização da clonagem como estratégia de preservação.

ANEXO 22: Texto original de T11 retirado do site *Carta Capital*.

Clonagem para salvar espécies ameaçadas?

por Deutsche Welle — publicado 22/08/2014 04h50, última modificação 22/08/2014 05h05

Conservação dos animais no seu habitat natural é prioridade, afirmam especialistas. Clones seriam usados em zoológicos



Lobo-guará está entre os candidatos do projeto brasileiro

A clonagem é vista por alguns pesquisadores como uma alternativa para salvar animais ameaçados de extinção. Desde o início de 2000, pesquisas vêm sendo feitas em vários países, incluindo o Brasil. Para muitos especialistas, porém, esse processo reprodutivo está longe de ser uma alternativa viável para salvar as mais de 20 mil espécies ameaças no mundo.

"A clonagem é uma ferramenta emergencial no caso de uma multiplicação necessária, quando há poucos indivíduos, mas ela não vai recuperar ou salvar uma espécie. Vamos produzir exemplares para o zoológico", afirma o pesquisador Carlos Frederico Martins, coordenador do projeto da Embrapa, desenvolvido com o zoológico de Brasília, para clonar animais ameaçados.

Apesar dos avanços científicos dos últimos anos, a clonagem continua sendo um processo muito complexo, com resultados nem sempre satisfatórios. Além do DNA do animal a ser clonado, o processo depende também de um óvulo adequado para receber o embrião e da escolha do receptor para gestar o clone. Em muitos casos são necessários vários embriões e gestações para produzir um clone.

Além disso, a expectativa de vida de clones frequentemente é baixa, ou seja, eles vivem menos tempo do que os demais indivíduos. Eles também apresentam deficiências e não são aptos para se reproduzir. Justamente essa dificuldade reprodutiva é um dos fatores determinantes para excluir a clonagem das alternativas para aumentar a população de animais ameaçados em seu habitat natural.

Proteger o meio ambiente

Além disso, a clonagem nada pode fazer para impedir a destruição de habitats naturais, causada pela interferência humana. Por isso, conservacionistas defendem que, além de proteger as espécies em seu habitat natural, é necessário também preservar o próprio ambiente em que elas vivem.

"Proteção de espécies não significa que o animal sobreviva de alguma maneira, como um clone num zoológico, mas em seu habitat, no seu ecossistema intacto. Esse precisa ser o objetivo de todos os esforços. Muitas outras medidas são muletas, que em longo prazo oferecem pouco sucesso", afirma o biólogo Thomas Pietsch, chefe do departamento de animais silvestres da organização alemã *Vier Pfoten*.

Colman O'Criodain, analista de políticas do programa de espécies globais do WWF, é da mesma opinião. "A nossa prioridade é tentar conservar os animais no seu habitat natural. Se falamos na conservação em zoológicos, já perdemos a batalha. Na clonagem para zoológicos há um valor educativo e de curiosidade, mas não é uma contribuição significativa para a conservação", avalia.

Experiências mundiais

A primeira clonagem de um mamífero foi anunciada em 1997, na Escócia: a ovelha Dolly. Desde então, esse processo de reprodução passou a ser considerado por alguns pesquisadores como uma alternativa para salvar espécies ameaçadas de extinção.

A primeira tentativa de clonagem de um animal ameaçado foi feita em 2001. Pesquisadores dos Estados Unidos clonaram um gauro, mas o animal morreu dois dias após o nascimento. Em 2009, foi clonado o primeiro animal extinto: um íbex-dos-pireneus, cujo último exemplar silvestre morreu em 2000. O clone morreu minutos após o nascimento.

Na Coreia do Sul e no Japão, pesquisadores têm projetos para clonar um mamute, espécie extinta há cerca de 10 mil anos. Para, O'Criodain, a ideia é interessante no âmbito das possibilidades genéticas e técnicas, mas ele vê esses experimentos de forma crítica.

"Estamos preocupados com os recursos consumidos nesses projetos. Esse dinheiro e essa *expertise* poderiam ser usados para melhorar as condições dos animais que ainda não estão extintos", reforça o especialista.

Projeto brasileiro

O projeto da Embrapa é o primeiro estudo desse tipo com animais da fauna brasileira. Quase dois anos após seu anúncio, a fase de compra de equipamentos e estruturação de laboratórios já foi concluída, e agora os pesquisadores estão analisando possíveis animais para a clonagem.

Entre os candidatos estão o lobo-guará, o gato-palheiro, o cachorro-vinagre e até o bisão-europeu. O sucesso da clonagem está diretamente ligado ao conhecimento que pesquisadores possuem sobre a fisiologia reprodutiva desses animais. E é justamente nessa fase que se encontra a pesquisa.

Por ser um processo muito complexo, ainda não há uma data exata para a primeira tentativa de clonagem. Segundo Martins, o projeto também está testando novas drogas no processo de transferência nuclear e pesquisando a clonagem interespecies entre o bisão e um bovino.

"Como o bisão tem a fisiologia reprodutiva próxima a dos bovinos, estamos tentando ver se conseguimos realizar uma clonagem interespecies, clonando um bisão a partir de um ovócito e uma receptora bovinos", afirma Martins.

Apesar de ser um processo caro, para o pesquisador a clonagem é válida para zoológicos quando não há muitos exemplares desses animais ou eles são raros. Atualmente, uma clonagem de bovinos custa em torno de 30 mil reais.

Autoria Clarissa Neher

Edição Alexandre Schossler

► Mitose em células animais e em células vegetais

Nas células animais, a mitose é **astral**, pois existem centríolos e formam-se ásteres. Nas células de plantas com flores, a mitose é **anastral**, pois não há centríolos.

A célula animal sofre divisão por estrangulamento, o que se conhece como **citocinese centrípeta** (da periferia para o centro). Já a célula vegetal tem **citocinese centrífuga** (do centro para a periferia).

Na célula vegetal, que possui uma rígida parede celular, não ocorre estrangulamento: forma-se inicialmente um conjunto de vesículas originárias do complexo golgiense, que se distribuem pela região equatorial. À medida que se espalham do centro para a periferia, as vesículas fundem-se umas às outras, constituindo a **placa celular**, que divide a célula em duas (**figura 7**).

Na parede celular que se forma em seguida, podem persistir falhas (denominadas pontuações), através das quais **plasmodesmos** (pontes citoplasmáticas) estabelecem comunicação entre as células vizinhas. Os plasmodesmos atravessam os orifícios da parede celular e permitem a passagem livre de substâncias de uma célula para outra.

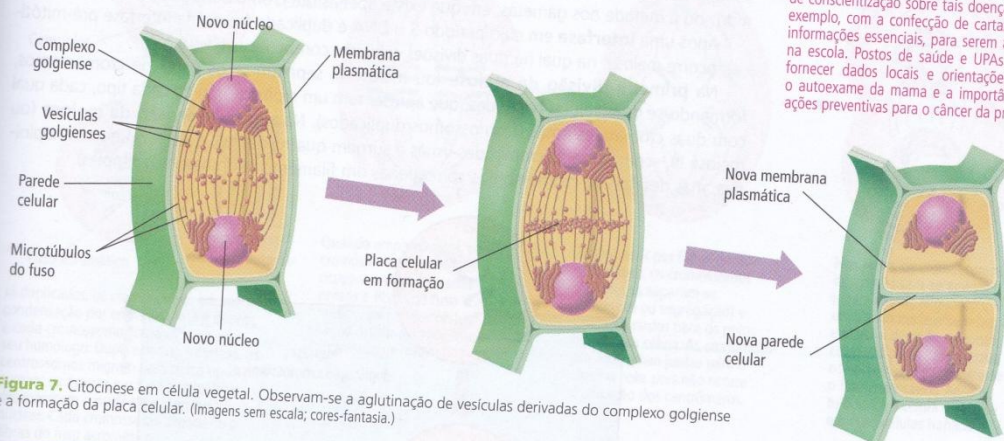


Figura 7. Citocinese em célula vegetal. Observam-se a aglutinação de vesículas derivadas do complexo golgiense e a formação da placa celular. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

Habitualmente, os meses de outubro e novembro são dedicados a campanhas de prevenção dos cânceres de mama e próstata, respectivamente. Embora os alunos do Ensino Médio não pertençam aos grupos populacionais mais expostos a esse tipo de câncer, eles podem disseminar informações entre os familiares e vizinhos, ampliando o número de pessoas diagnosticadas precocemente. Podem ser desenvolvidos projetos de conscientização sobre tais doenças – por exemplo, com a confecção de cartazes com informações essenciais, para serem afixados na escola. Postos de saúde e UPAs podem fornecer dados locais e orientações sobre o autoexame da mama e a importância de ações preventivas para o câncer da próstata.

Eduardo Borges

A notícia

Como funciona a quimioterapia?

Usada desde a década de 1940 no combate ao câncer, a quimioterapia é composta de um coquetel de medicamentos que busca impedir a proliferação rápida e desordenada das células doentes. Os remédios são aplicados em conjunto, pois cada um age numa etapa diferente do crescimento das estruturas cancerosas. O tratamento tem duração variável, dependendo do tipo de tumor, e pode ser administrado de várias formas, desde via oral até intravenosa. Seja como for, as drogas quimioterápicas são carregadas pelo sangue para todas as partes do corpo, combatendo as células do câncer [...].

O primeiro passo no combate ao câncer é a identificação de células que estejam se multiplicando rapidamente, comportamento típico das células cancerosas. As drogas quimioterápicas fazem esse reconhecimento por meio de agentes químicos que se ligam às estruturas responsáveis pela divisão celular. Identificado o invasor, entra em ação um grupo específico de quimioterápicos, os antibióticos — eles barram atividades vitais da célula cancerosa, como a respiração celular, levando-a à morte. Outro

grupo de remédios, chamados alquilantes, age diretamente no começo do processo de divisão celular [...]. Eles impedem a replicação do DNA da célula doente, o que geraria uma nova estrutura maligna. Se o DNA já se replicou, entram em cena os chamados inibidores mitóticos, quimioterápicos que ainda podem bloquear a divisão celular. Eles impedem que as metades dos cromossomos migrem em direção aos polos e constituam uma célula nova. Por outro flanco, os antimetabólitos atacam [...]. Eles imitam a estrutura de elementos da célula cancerosa, tomando o lugar da original. Só que eles não realizam a função da titular, sabotando a atividade celular do invasor, que é eliminado. [...] É esse ataque conjunto do coquetel de medicamentos que responde pelo sucesso da batalha, liquidando o temido tumor.

[...]

FUJITA, L. Como funciona a quimioterapia? *Mundo Estranho*, São Paulo: Abril Comunicações S. A., ed. 87, p. 36-37, 01 maio 2009. Disponível em: <<http://mundoestranho.abril.com.br/materia/como-funciona-a-quimioterapia>>. Acesso em: abr. 2016.

Atividades

Escreva
no caderno

Depois de ler a reportagem, faça o que se pede:

1. Qual é a vantagem do uso das drogas antitumorais em coquetel, e não isoladamente?
2. É frequente a queda de cabelos em pessoas que fazem quimioterapia. Pesquise por que a quimioterapia tem esse efeito colateral e produza um pequeno texto em seu caderno.

ANEXO 24: Texto original de T12 retirado da revista *Superinteressante*.

Como funciona a quimioterapia?

As diversas drogas presentes no coquetel atuam de maneiras diferentes para matar as células cancerosas ou impedir que elas se multipliquem

Por Luiz Fujita 4 jul 2018, 20h29 – Publicado em 3 jun 2009, 18h58



(Marcus Penna/Mundo Estranho)

Usada desde a década de 1940 no combate ao câncer, a quimioterapia é composta de um coquetel de medicamentos que busca impedir a proliferação rápida e desordenada das células doentes. Os remédios são aplicados em conjunto, pois cada um age numa etapa diferente do crescimento das estruturas cancerosas. O tratamento tem duração variável, dependendo do tipo de tumor, e pode ser administrado de várias formas, desde via oral até intravenosa. Seja como for, as drogas quimioterápicas são carregadas pelo sangue para todas as partes do corpo, combatendo as células do câncer ao mesmo tempo em que impedem que elas se espalhem pelo organismo.

A UNIÃO FAZ A FORÇA

Coquetel de remédios combate o câncer impedindo a multiplicação das células doentes



(Marcus Penna/Mundo Estranho)

1) O primeiro passo no combate ao câncer é a identificação de células que estejam se multiplicando rapidamente, comportamento típico das células cancerosas. As drogas quimioterápicas fazem esse reconhecimento por meio de agentes químicos que se ligam às estruturas responsáveis pela divisão celular.



(Marcus Penna/Mundo Estranho)

2) Identificado o invasor, entra em ação um grupo específico de quimioterápicos, os antibióticos – eles barram atividades vitais da célula cancerosa, como a respiração celular, levando-a à morte.



(Marcus Penna/Mundo Estranho)

3) Outro grupo de remédios, chamados alquilantes, age diretamente no começo do processo de divisão celular do bichão. Eles impedem a replicação do DNA da célula doente, o que geraria uma nova estrutura maligna.



(Marcus Penna/Mundo Estranho)

4) Se o DNA já se replicou, entram em cena os chamados inibidores mitóticos, quimioterápicos que ainda podem bloquear a divisão celular. Eles impedem que as metades dos cromossomos migrem em direção aos polos e constituam uma célula nova.



(Marcus Penna/Mundo Estranho)

5) Por outro flanco, os antimetabólitos atacam como espiões infiltrados. Eles imitam a estrutura de elementos da célula cancerosa, tomando o lugar da original. Só que eles não realizam a função da titular, sabotando a atividade celular do invasor, que é eliminado.



(Marcus Penna/Mundo Estranho)

6) Há ainda diversos outros tipos de quimioterápicos, que agem em fases variadas da divisão celular ou afetam funções específicas das células cancerosas. É esse ataque conjunto do coquetel de medicamentos que responde pelo sucesso da batalha, liquidando o temido tumor.



(Marcus Penna/Mundo Estranho)

USOS DA QUIMIOTERAPIA

A) CURATIVA – A quimio recebe esse nome nos casos em que só os quimioterápicos já são suficientes para eliminar o tumor

B) NEOADJUVANTE – É feita antes da cirurgia, quando o câncer está em locais de difícil acesso, como perto de artérias importantes. A quimio reduz o tamanho do tumor e facilita sua retirada

C) ADJUVANTE – É aplicada após uma cirurgia de remoção do tumor. A quimio remove células residuais que poderiam se espalhar para outros tecidos mais tarde

D) CONTROLE – Alguns tipos de câncer não podem ser retirados, ou teimam em reaparecer após cirurgias. Nesses casos, a quimio é usada em intervalos regulares para controlar esses focos insistentes

OS PRINCIPAIS EFEITOS COLATERAIS

QUEDA DE CABELO – Como as células do cabelo se renovam sempre, e depressa, são identificadas pelos quimioterápicos como se fossem células tumorais. Por isso, em geral os pacientes ficam carecas

NÁUSEAS E AFTAS – As células das mucosas também se multiplicam constantemente, e acabam levando chumbo. O trato digestivo é afetado, provocando náuseas e vômitos, e é comum surgirem aftas na boca

ANEMIA E HEMORRAGIA – Outras que sofrem são as células do sangue. As drogas matam hemácias, causando anemia, e glóbulos brancos e plaquetas, fragilizando o sistema imunológico e a capacidade de cicatrização.

ANEXO 25: Texto 13, livro *Biologia: Unidade e Diversidade*, editora FTD, 1ª Ed, 2016.

Prevenção e fatores de risco

O termo **risco** é usado para definir a chance de uma pessoa sadia, exposta a determinados fatores, ambientais ou hereditários, adquirir uma doença. Os fatores associados ao aumento do risco de se desenvolver uma doença são chamados fatores de risco. Em contrapartida, há fatores que dão ao organismo a capacidade de se proteger contra determinada doença, daí serem chamados fatores de proteção.

Dois pontos devem ser enfatizados em relação aos fatores de risco: primeiro, que o mesmo fator pode ser de risco para várias doenças (por exemplo, o tabagismo, que é fator de risco para diversos cânceres e doenças cardiovasculares e respiratórias); segundo, que vários fatores de risco podem estar envolvidos na origem (gênese) de uma mesma doença (agentes causais múltiplos). O estudo dos fatores de risco, isolados ou combinados, tem permitido estabelecer relações de causa-efeito entre eles e determinados tipos de câncer.

A multicausalidade é frequente na formação do câncer (carcinogênese). Pode ser exemplificada pela associação entre álcool, tabaco e residência na zona rural e o câncer de esôfago, e entre álcool, tabaco, chimarrão, churrasco e o cozimento de alimentos em fogão a lenha e o câncer da cavidade bucal. A interação entre os fatores de risco e os de proteção a que as pessoas estão submetidas pode resultar, ou não, na redução da probabilidade delas adoecerem. Nestas associações, os fatores de proteção determinados foram, respectivamente, o consumo de frutas cítricas e vegetais ricos em caroteno.

Nem sempre a relação entre a exposição a um ou mais fatores de risco e o desenvolvimento de uma doença é reconhecível facilmente, especialmente quando se presume que a relação se dê com comportamentos sociais comuns (o tipo de alimentação, por exemplo). Nas doenças crônicas, as primeiras manifestações podem surgir após muitos anos de exposição única (radiações ionizantes, por exemplo) ou contínua (radiação solar ou tabagismo, por exemplo) aos fatores de risco. Por isso, é importante considerar o conceito de período de latência, isto é, o tempo decorrido entre a exposição ao fator de risco e o surgimento da doença.

Os fatores de risco podem ser encontrados no ambiente físico, ser herdados ou representar hábitos ou costumes próprios de um determinado ambiente social e cultural.

- **Fatores de risco de natureza ambiental.** A maioria dos casos de câncer (80%) está relacionada ao meio ambiente, no qual encontramos um grande número de fatores de risco. Entende-se por ambiente o meio em geral (água, terra e ar), o ambiente ocupacional (indústrias químicas e afins), o ambiente de consumo (alimentos, medicamentos), o ambiente social e cultural (estilo e hábitos de vida).

As mudanças provocadas no meio ambiente pelo próprio homem, os "hábitos" e o "estilo de vida" adotados pelas pessoas podem determinar diferentes tipos de câncer.

Informações vêm sendo divulgadas pela internet questionando o potencial carcinogênico de certas substâncias. Normalmente, esses relatos surgem sem referências científicas e utilizam remetente desconhecido.

- **Hereditariedade.** São raros os casos de cânceres que se devem exclusivamente a fatores hereditários, familiares e étnicos, apesar de o fator genético exercer um importante papel na oncogênese. Um exemplo são os indivíduos portadores de retinoblastoma que, em 10% dos casos, apresentam história familiar deste tumor.

Alguns tipos de câncer de mama, estômago e intestino parecem ter um forte componente familiar, embora não se possa afastar a hipótese de exposição dos membros da família a uma causa comum. Determinados grupos étnicos parecem estar protegidos de certos tipos de câncer: a leucemia linfocítica é rara em orientais, e o sarcoma de Ewing é muito raro em negros.

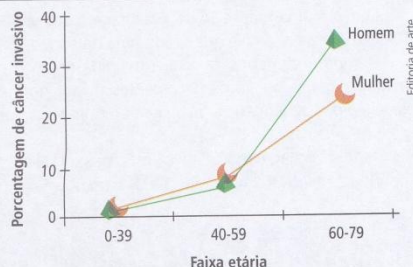
Instituto Nacional do Câncer (Inca).

Disponível em: <http://www1.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=13>. Acesso em: jan. 2016.

Depois da leitura dos textos, faça o que se pede:

Escreva
no caderno

1. Em nosso cotidiano, estamos expostos a diversos agentes lesivos. Relacione os fatores ambientais que podem ocasionar câncer, citando formas adequadas de prevenção.
2. Embora possa ter base genética, o câncer nem sempre se manifesta. Explique essa afirmativa.
3. (UFMG) Analise o gráfico ao lado.
 - a) Dê um título ao gráfico.
 - b) Formule uma hipótese que explique a maior incidência de câncer na terceira idade.



Fonte: Adaptado de The age of cancer. Nature, 9 nov. 2000, p. 248.

ANEXO 26: Texto original de T13 retirado do site do *Inca*.

Prevenção

A prevenção do câncer engloba ações realizadas para reduzir os riscos de ter a doença.

- O objetivo da prevenção primária é impedir que o câncer se desenvolva. Isso inclui a adoção de um modo de vida saudável e evitar a exposição a substâncias causadoras de câncer.
- O objetivo da prevenção secundária do câncer é detectar e tratar doenças pré-malignas (por exemplo, lesão causada pelo vírus HPV ou pólipos nas paredes do intestino) ou cânceres assintomáticos iniciais.

Saiba mais:- [Como prevenir o câncer](#)

Fatores de risco

O termo "risco" é usado para definir a chance de uma pessoa sadia, exposta a determinados fatores, ambientais ou hereditários, desenvolver uma doença. Os fatores associados ao aumento do risco de se desenvolver uma doença são chamados fatores de risco.

O mesmo fator pode ser de risco para várias doenças – o tabagismo e a obesidade, por exemplo, são fatores de risco para diversos cânceres, além de doenças cardiovasculares e respiratórias.

Vários fatores de risco podem estar envolvidos na origem de uma mesma doença. Estudos mostram, por exemplo, a associação entre álcool, tabaco, e o câncer da cavidade oral.

Nas doenças crônicas, como o câncer, as primeiras manifestações podem surgir após muitos anos de uma exposição única (radiações ionizantes, por exemplo) ou contínua (no caso da radiação solar ou tabagismo) aos fatores de risco. A exposição solar prolongada sem proteção adequada durante a infância pode ser uma das causas do câncer de pele no adulto.

Os fatores de risco podem ser encontrados no ambiente físico, herdados ou resultado de hábitos ou costumes próprios de um determinado ambiente social e cultural.

Os principais fatores de risco para o câncer são:

- Tabagismo
- Alimentação
- Peso corporal
- Hábitos sexuais
- Fatores ocupacionais
- Bebidas alcoólicas
- Exposição solar
- Radiações
- Medicamentos

ANEXO 27: Texto 14, e texto 15, livro *Biologia: Unidade e Diversidade*, editora FTD, 1ª Ed, 2016.

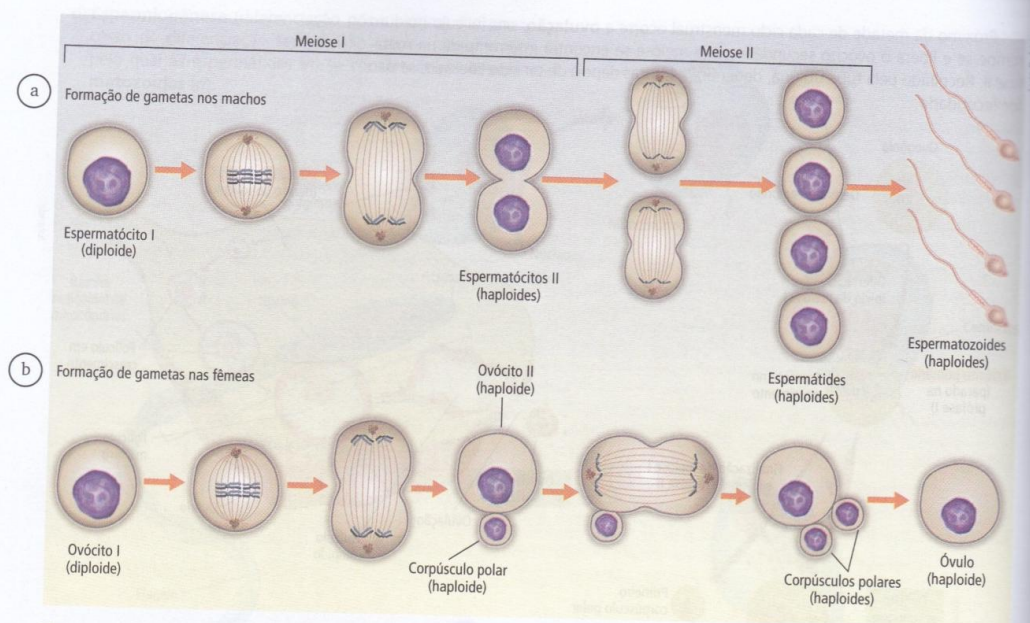


Figura 10. Representação esquemática comparando (a) a espermatogênese e (b) a ovogênese. (Imagens sem escala; cores-fantasia.)

A notícia

Japoneses criam espermatozoide a partir de células-tronco embrionárias

Um novo grupo de pesquisadores japoneses usou células-tronco embrionárias de camundongos para produzir espermatozoides saudáveis desses animais em condições de laboratório. A iniciativa poderia ajudar no tratamento da infertilidade humana.

[...] Como podem se transformar em diferentes tipos de células, e se multiplicar, os especialistas esperam poder aproveitá-las para tratar doenças e dis-

funções, incluindo câncer e diabetes.

Cientistas da Universidade de Kyoto removeram células-tronco de embriões de camundongos e conseguiram conduzi-las para um tipo de célula precursora conhecida por se transformar tanto em óvulos quanto em espermatozoides dos animais.

Depois testaram essas células em camundongos machos inférteis, que aparentemente produziram espermatozoides saudáveis.

Os espermatozoides foram removidos diretamente dos testículos e fertilizaram óvulos (em recipientes de laboratório) [...].

Japoneses criam espermatozoides a partir de células-tronco embrionárias. *Folha de S.Paulo*, ago. 2011. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/955145-japoneses-criam-espermatozoide-a-partir-de-celulas-tronco-embrionarias.shtml>>. Acesso em: fev. 2016.

Pesquisadores japoneses criam óvulos em laboratório

As células-tronco romperam o que talvez fosse a sua última grande fronteira: o desenvolvimento de óvulos férteis a partir das formas mais "básicas" delas.

Por enquanto, o feito se restringe a camundongos, mas cientistas afirmam

que ele pode representar um importante passo no tratamento da infertilidade feminina.

[...]

Em laboratório, os cientistas usaram esses óvulos em inseminações artificiais, que deram origem a filhotes

férteis e saudáveis. A taxa de nascimento, porém, foi inferior à de filhotes oriundos de óvulos "tradicionais".

[...]

MIRANDA, G. Pesquisadores japoneses criam óvulos em laboratório. *Folha de S.Paulo*, 05/10/2012.

Atividades

Escreva no caderno

Depois de ler as notícias, faça o que se pede:

1. Cite possível aplicação prática dessas descobertas.
2. Faça um pequeno texto sobre as possíveis implicações éticas da aplicação das técnicas descritas nos textos.

ANEXO 28: Texto original de T14 retirado da *Folha de São Paulo*.

05/08/2011 - 14h54

Japoneses criam espermatozoide a partir de células-tronco embrionárias

DA REUTERS

Um novo grupo de pesquisadores japoneses usou células-tronco embrionárias de camundongos para produzir espermatozoides saudáveis desses animais em condições de laboratório. A iniciativa poderia ajudar no tratamento da infertilidade humana.

Japoneses criam os primeiros espermatozoides em laboratório

A descoberta, divulgada na publicação científica "Cell", marca um novo passo no uso de células-tronco na medicina regenerativa.

As células-tronco são as células-mãe do corpo e fonte de todas as células e tecidos. Como podem se transformar em diferentes tipos de células, e se multiplicar, os especialistas esperam poder aproveitá-las para tratar doenças e disfunções, incluindo câncer e diabetes.

Cientistas da Universidade de Kyoto removeram células-tronco de embriões de camundongos e conseguiram conduzi-las para um tipo de célula precursora conhecida por se transformar tanto em óvulos quanto em espermatozoides dos animais.

Depois testaram essas células em camundongos machos inférteis, que aparentemente produziram espermatozoides saudáveis.

Os espermatozoides foram removidos diretamente dos testículos e fertilizaram óvulos (em recipientes de laboratório), disse o líder do estudo, Mitinori Saitou, professor da Universidade de Kyoto.

"Depois da inseminação, fizemos dois conjuntos de embriões que foram transferidos para os úteros de fêmeas adotivas e que resultaram em camundongos saudáveis [que depois se reproduziram normalmente]."

CRIAÇÃO HUMANA

O experimento mostrou aos cientistas como é possível preparar células precursoras para eventualmente se transformarem em espermatozoides ou óvulos.

"Temos um material enorme para trabalhar agora (...) nós podemos acelerar nosso estudo na direção da causa da infertilidade humana", afirmou Saitou à Reuters por telefone.

A equipe de Saitou acredita que possa ser viável usar células-tronco de humanos adultos para produzir espermatozoides humanos.

"Possivelmente poderemos usar este conhecimento para induzir células germinativas primordiais de humanos [células que se transformam em óvulos ou espermatozoides]", disse ele.

Segundo Saitou, será necessário realizar mais estudos por causa do abismo entre pesquisas com animais e humanos.

ANEXO 29: Texto original de T15 retirado da *Folha de São Paulo*.

Pesquisadores japoneses criam óvulos em laboratório

GIULIANA MIRANDA

DE SÃO PAULO 05/10/2012 05h03

As células-tronco romperam o que talvez fosse a sua última grande fronteira: o desenvolvimento de óvulos férteis a partir das formas mais “básicas” delas.

Por enquanto, o feito se restringe a camundongos, mas cientistas afirmam que ele pode representar um importante passo no tratamento da infertilidade feminina.

Em tese, há dois tipos de células-tronco que poderiam dar origem a qualquer tecido: as embrionárias e as iPS, que são células adultas “convencidas” por técnicas de laboratório a voltar a um estágio semelhante ao embrionário.

Na prática, porém, nenhum cientista tinha conseguido dar origem a óvulos férteis a partir desses dois modelos “básicos”. Japoneses, liderados por Mitinori Saitou, da Universidade de Kyoto, deram um jeito nesse problema.

O processo de formação dos óvulos começa com as chamadas células germinativas primordiais, que possuem uma “personalidade” celular ainda muito básica.

Alterando alguns genes, os japoneses apostavam que seria possível induzir as células-tronco a se transformarem em células similares às germinativas primordiais.

Ao usar camundongos transgênicos, eles finalmente conseguiram dar origem a essas células, usando tanto as células-tronco embrionárias quanto as iPS.

Em laboratório, os cientistas usaram esses óvulos em inseminações artificiais, que deram origem a filhotes férteis e saudáveis. A taxa de nascimento, porém, foi inferior à de filhotes oriundos de óvulos “tradicionais”.

Se a técnica realmente puder ser aplicada em humanos—o que ainda deve demorar um bocadinho—, as implicações serão grandes.

Surgiria a possibilidade de criar óvulos de mulheres de qualquer idade, mesmo após a menopausa. Quem retirou os ovários devido a um câncer também se beneficiaria.

“Eles conseguiram um feito incrível, mas o trabalho não explica como algumas etapas foram feitas. O próprio grupo ainda precisa desvendar como alguns dos mecanismos funcionam”, diz.

“Eles ainda não conseguiram fazer todo o processo in vitro”, lembra Patrícia Beltrão Braga, pesquisadora de células-tronco iPS da USP.

A técnica, porém, já ligou um sinal amarelo devido a um dilema ético. Em tese, pela regressão a um estágio tão primordial de desenvolvimento, seria possível manipular as células para dar origem a espermatozoides.

Ou seja: casais do mesmo sexo poderiam ter um filho biológico, carregando 50% dos genes de cada genitor.

O grupo de Mitinori Saitou foi também responsável por criar em laboratório os primeiros espermatozoides férteis com células-tronco.

ANEXO 30: Texto 16, livro *Biologia: Unidade e Diversidade*, editora FTD, 1ª Ed, 2016

► Terapia com células-tronco

Sob determinadas circunstâncias, as células-tronco podem originar tipos específicos de células diferenciadas. Isso ocorre, particularmente, quando elas são mantidas em contato com células de determinado tipo. Por exemplo: células-tronco mantidas na proximidade de células musculares tendem a se converter em células musculares. Por causa dessa capacidade, as células-tronco têm sido usadas no tratamento de algumas doenças degenerativas.

Existem diversos casos documentados de sucesso com essa técnica no tratamento, por exemplo, de infarto do miocárdio. Após sofrer o infarto, certo número de células do miocárdio (músculo cardíaco) morre, em decorrência da má oxigenação. Com a perda de massa muscular funcionante, a capacidade contrátil do coração fica prejudicada a ponto de, em casos graves, comprometer a força de bombeamento do sangue. Em certos casos, a solução é o transplante cardíaco.

O emprego de células-tronco, no entanto, tem mostrado um novo caminho. Essas células, que são obtidas, por exemplo, de punção da medula óssea, são depois injetadas diretamente no miocárdio ou no sangue, de onde migram para o miocárdio. Havendo a diferenciação dessas células em células musculares cardíacas, ocorre a regeneração do músculo cardíaco, e sua função é restabelecida.

A terapia com células-tronco, portanto, é um tratamento em que se faz a substituição de tecidos lesados (doentes) por tecidos saudáveis, obtidos da diferenciação de células-tronco. Atualmente, essa forma de tratamento está sendo usada ou pesquisada em casos de doença de Parkinson, diabetes melito, distrofia muscular, esclerose múltipla, lesões de medula espinal (como a secção por acidentes), doença de Alzheimer, doenças cardíacas, problemas renais e disfunções hepáticas.

A notícia

Pela primeira vez, cientistas transformam célula adulta em célula-tronco embrionária

Para isso, pesquisadores utilizaram técnica de clonagem. Células-tronco embrionárias são capazes de dar origem a diversos tecidos do organismo

Pela primeira vez, especialistas conseguiram transformar células adultas humanas em células-tronco embrionárias. O feito foi realizado por meio de uma técnica de clonagem e recebido pela comunidade científica como um grande avanço e uma nova esperança para o tratamento de doenças hoje incuráveis. [...]

Essas células existem no organismo apenas durante um curto período, no início do desenvolvimento embrionário. Depois, elas se diferenciam — dando origem a um órgão, por exemplo — e perdem sua capacidade de gerar outros tipos de célula.

Técnica — A nova pesquisa utilizou uma técnica chamada transferência nuclear de células somáticas. Nela, o material genético de um óvulo não fertilizado é retirado e substituído pelo DNA de

células comuns de um doador. Depois, os cientistas induzem um processo de divisão celular que leva ao surgimento de um embrião com o mesmo genoma da célula doadora. Esse embrião cria um conjunto de células-tronco que têm a capacidade de dar origem a qualquer célula ou tecido do corpo humano. E, como o material genético das células embrionárias pertence ao próprio doador, não há risco de que ele rejeite as células reprogramadas, como pode acontecer em um transplante, por exemplo.

Essa abordagem foi desenvolvida por pesquisadores da Universidade de Oregon, nos Estados Unidos, que a aplicaram pela primeira vez em um estudo publicado no ano passado [2013]. No entanto, eles obtiveram as células-tronco embrionárias a partir de células de um bebê, e

não de adultos. Na nova pesquisa, o DNA inserido nos óvulos veio das células da pele de dois homens, um de 35 e outro de 75 anos. [...]

Busca — Durante mais de dez anos de estudos, os pesquisadores falharam na busca por células embrionárias. Em 2006, o cientista japonês Shinya Yamanaka conseguiu criar um tipo artificial de célula-tronco, produzido a partir de alterações genéticas em células adultas normais. São as chamadas células-tronco pluripotentes induzidas. A descoberta rendeu o Nobel de Medicina em 2012 ao pesquisador. [...]

Pela primeira vez, cientistas transformam célula adulta em célula-tronco embrionária. **Veja.com/** Agence France Presse, 22 abr. 2014. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/pela-primeira-vez-estudo-transforma-celulas-adultas-em-celulas-tronco-embrionarias/>>. Acesso em: jan. 2016.

Atividades

Escreva
no caderno

Depois de ler as notícias, faça o que se pede:

1. Elabore um texto que explique, em linhas gerais, em que consiste a nova técnica descrita na reportagem acima.
2. Explique por que, no tratamento de algumas doenças, o uso de células obtidas por meio da técnica descrita não traz risco de rejeição.

ANEXO 31: Texto original de T16 retirado do site *Veja*.

Pela primeira vez, cientistas transformam célula adulta em célula-tronco embrionária

Para isso, pesquisadores utilizaram técnica de clonagem. Células-tronco embrionárias são capazes de dar origem a diversos tecidos do organismo

Por **Da Redação** access_time 6 maio 2016, 16h12 - Publicado em 22 abr 2014, 16h04



Células-tronco: Nova pesquisa pode ajudar a encontrar tratamento para doenças incuráveis (Thinkstock/VEJA)

Pela primeira vez, especialistas conseguiram transformar células adultas humanas em células-tronco embrionárias. O feito foi realizado por meio de uma técnica de clonagem e recebido pela comunidade científica como um grande avanço e uma nova esperança para o tratamento de doenças hoje incuráveis.

CONHEÇA A PESQUISA

Título original: Human Somatic Cell Nuclear Transfer Using Adult Cells

Onde foi divulgada: periódico *Cell Stem Cell*

Quem fez: Young Gie Chung, Jin Hee Eum, Jeoung Eun Lee, Sung Han Shim, Vicken Sepilian, Seung Wook Hong, Yumie Lee, Nathan R. Treff, Young Ho Choi, Erin Kimbrel, Ralph E. Dittman, Robert Lanza e Dong Ryul Lee

Instituição: Advanced Cell Technology, nos Estados Unidos, e outros

Resultado: A partir de uma técnica de clonagem, os pesquisadores conseguiram transformar células da pele de dois homens adultos em células-tronco embrionárias. As células-tronco embrionárias são capazes de se transformar nos diversos tipos de células que compõem um organismo. Por isso, são estudadas como uma possível cura para doenças nas quais ocorrem danos ou perda de um determinado tipo de célula, como Alzheimer, Parkinson, diabetes e esclerose múltipla.

Essas células existem no organismo apenas durante um curto período, no início do desenvolvimento embrionário. Depois, elas se diferenciam – dando origem a um órgão, por exemplo – e perdem sua capacidade de gerar outros tipos de célula.

Leia também:

Pela primeira vez, células-tronco embrionárias são criadas em um organismo vivo

Técnica – A nova pesquisa utilizou uma técnica chamada transferência nuclear de células somáticas. Nela, o material genético de um óvulo não fertilizado é retirado e substituído pelo DNA de células comuns de um doador.

Depois, os cientistas induzem um processo de divisão celular que leva ao surgimento de um embrião com o mesmo genoma da célula doadora. Esse embrião cria um conjunto de células-tronco que têm a capacidade de dar origem a qualquer célula ou tecido do corpo humano. E, como o material genético das células embrionárias pertence ao próprio doador, não há risco de que ele rejeite as células reprogramadas, como pode acontecer em um transplante, por exemplo.

Essa abordagem foi **desenvolvida** por pesquisadores da Universidade de Oregon, nos Estados Unidos, que a aplicaram pela primeira vez em um estudo publicado no ano passado. No entanto, eles obtiveram as células-tronco embrionárias a partir de células de um bebê, e não de adultos. Na nova pesquisa, o DNA inserido nos óvulos veio das células da pele de dois homens, um de 35 e outro de 75 anos.

O novo estudo, publicado na edição deste mês do periódico *Cell Stem Cell*, foi realizado por uma equipe internacional de pesquisadores e coordenado por Robert Lanza, cientista da empresa de biotecnologia Advanced Cell Technology, que fica em Massachusetts, nos Estados Unidos.

Busca – Durante mais de dez anos de estudos, os pesquisadores falharam na busca por células embrionárias. Em 2006, o cientista japonês Shinya Yamanaka conseguiu criar um tipo artificial de célula-tronco, produzido a partir de alterações genéticas em células adultas normais. São as chamadas células-tronco pluripotentes induzidas. A descoberta rendeu o **Nobel de Medicina em 2012** ao pesquisador.

A nova pesquisa é importante porque demonstra que a técnica de transferência nuclear também é válida e agora deve ser comparada com a de Yamanaka. Além disso, o estudo mostrou que, ao contrário do que alguns pesquisadores consideravam, a idade do doador das células não é um fator determinante para o sucesso do procedimento, mas sim a qualidade do óvulo doado.

ANEXO 32: Texto 17 e texto 18, livro *Biologia: Unidade e Diversidade*, editora FTD, 1ª ed, 2016.

CONEXÕES

Células-tronco: dúvidas e desafios

Nobel de Medicina premia cientistas por trabalhos com células-tronco

O japonês Shinya Yamanaka e o britânico John B. Gurdon revolucionaram a compreensão científica de como se desenvolvem as células e os organismos

O Instituto Karolinska, de Estocolmo, ofereceu o Prêmio Nobel de Medicina de 2012 ao britânico John B. Gurdon, de 79 anos, e ao japonês Shinya Yamanaka, de 50, pesquisadores de células-tronco, nesta segunda-feira (8). Cada vencedor levará 8 milhões de coroas, equivalentes a R\$ 2,4 milhões. Os dois cientistas foram premiados por descobrir como se pode "reprogramar" células maduras para que se "transformem em células imaturas capazes de se transformar em qualquer tipo de tecido", o que revolucionou a compreensão científica de como se desenvolvem as células e os organismos.

Os porta-vozes do Instituto Karolinska afirmaram que Gurdon descobriu em 1962 que a "especialização das células é reversível", enquanto Yamanaka descreveu, 40 anos depois, como "células maduras intactas" podiam ser "reprogramadas para se transformar em células-tronco". "Esta descoberta revolucionária mudou completamente nossa visão do desenvolvimento e da especialização celular. Agora entendemos que as células maduras não têm por que ficar confinadas para sempre em seu estado especializado", disse o instituto. [...]

Nobel de Medicina premia cientistas por trabalhos com células-tronco. Agência EFE/Epoca. 8 out. 2012. Disponível em: <<http://revistaepoca.globo.com/Mundo/noticia/2012/10/nobel-de-medicina-premia-cientistas-por-trabalhos-com-celulas-tronco.html>>. Acesso em: abr. 2016.



O japonês Shinya Yamanaka e o britânico John B. Gurdon receberam o Nobel de Medicina ou Fisiologia de 2012 por pesquisas com células-tronco.

Texto 1

Células-tronco: o tempo é o senhor da razão

Em 29 de maio de 2008, com grande cobertura da imprensa, aconteceu o início do julgamento da constitucionalidade da lei sobre a utilização de células embrionárias para experiências científicas.

Isso aconteceu por força da Ação Direta de Inconstitucionalidade proposta pela Procuradoria-Geral da República, que entendia ser inconstitucional a destruição de seres humanos em sua forma embrionária.

¹ Advogado, jurista e professor emérito da Universidade Mackenzie, da Escola de Comando e Estado-Maior do Exército e da Escola Superior de Guerra, membro da Academia Paulista de Letras.

Representando a CNBB, mostrei, da tribuna do STF, que tais experiências — um fantástico insucesso nestes 15 anos de pesquisas em todo o mundo — seriam desnecessárias.

Dizia isso pois, três meses antes, o médico japonês Shinya Yamanaka conseguira, reprogramando as células-tronco adultas (células do próprio organismo humano), obter os mesmos efeitos pluripotentes — ou seja, a possibilidade de dar origem a praticamente todos os tecidos do organismo humano.

Alegava-se que pluripotentes eram as células embrionárias. Elas seriam indispensáveis para o sucesso das experiências. Mas essas experiências, na verdade, foram sucessivamente malsucedidas.

Dizia-se ainda, à época, que as células-tronco adultas teriam efeitos apenas multipotentes, curando algumas doenças e não todas. Apenas as células embrionárias poderiam curar todas as doenças, quando fossem solucionados os problemas de rejeição e formação de teratomas (tumores).

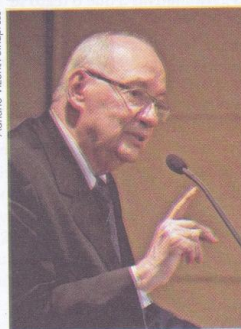
Mostrei, na ocasião, que a Academia de Ciências do Vaticano — que possuía, então, 29 prêmios Nobel, no quadro de seus 80 acadêmicos — discutira a matéria, concluindo que o zigoto (primeira célula) é um ser humano, com todos os sinais que constituirão a sua integralidade, quando adulto.

Mostrei, inclusive, que, nos Estados Unidos, já ocorria a adoção de células embrionárias por casais sem filhos e que, na Alemanha, as experiências com células embrionárias não podiam ser feitas com material proveniente de mulheres alemãs, mas apenas com óvulos de mulheres de outros países.

Por fim, para não alongar este artigo, cercado por uma legião de cadeirantes, mostrei-lhes que as experiências com células embrionárias geravam tumores e rejeição nas experiências realizadas com animais.

Isso não acontecia, porém, nas experiências de reprogramação celular de Thompson e Yamanaka, por serem células do próprio organismo.

O certo é que, por seis votos a cinco, o Supremo Tribunal Federal optou pelas experiências com a destruição de seres humanos na sua forma embrionária, provocando inversão maior de recursos públicos nas experiências malsucedidas (apesar das questões éticas envolvidas) e menor nos bem-sucedidos experimentos com células adultas.



Ives Gandra da Silva Martins.¹

MARTINS, I. G. S. Células-tronco: o tempo é o senhor da razão. Folha de S.Paulo. 21 out. 2012. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/opiniao/73202-celulas-tronco-o-tempo-e-o-senhor-da-razao.shtml>>. Acesso em: abr. 2016.

Felizmente, a Academia Sueca, ao outorgar o Prêmio Nobel a Yamanaka, sinalizou o que realmente se pode esperar das experiências com as células adultas reprogramadas para efeitos pluripotentes, que não geram rejeição, teratomas ou problemas éticos de qualquer natureza.

O prêmio a Yamanaka demonstra nitidamente que as experiências com as células embrionárias não sensibilizaram os acadêmicos suecos.

O tempo é sempre o senhor da verdade.

ANEXO 33: Texto original de T17 retirado do site *Época*.

Nobel de Medicina premia cientistas por trabalhos com células-tronco

O japonês Shinya Yamanaka e o britânico John B. Gurdon revolucionaram a compreensão científica de como se desenvolvem as células e os organismos
REDAÇÃO ÉPOCA COM AGÊNCIA EFE



O japonês Shinya Yamanaka e o britânico John B. Gurdon foram laureados com o Prêmio Nobel de Medicina de 2012 por pesquisas realizadas com células-tronco. (Foto: Kyodo News/AP)

O Instituto Karolinska, de Estocolmo, ofereceu o **Prêmio Nobel** de Medicina de 2012 ao britânico John B. Gurdon, de 79 anos, e ao japonês Shinya Yamanaka, de 50, pesquisadores de células-tronco, nesta segunda-feira (8). Cada vencedor levará 8 milhões de coroas, equivalentes a R\$ 2,4 milhões.

Os dois cientistas foram premiados por descobrir como se pode "reprogramar" células maduras para que se "transformem em células imaturas capazes de se transformar em qualquer tipo de tecido", o que revolucionou a compreensão científica de como se desenvolvem as células e os organismos.

Os porta-vozes do Instituto Karolinska afirmaram que Gurdon descobriu em 1962 que a "especialização das células é reversível", enquanto Yamanaka descreveu, 40 anos depois, como "células maduras intactas" podiam ser "reprogramadas para se transformar em células-tronco".

"Esta descoberta revolucionária mudou completamente nossa visão do desenvolvimento e da especialização celular. Agora entendemos que as células maduras não têm por que ficar confinadas para sempre em seu estado especializado", disse o instituto.

Os vencedores do prêmio sucedem os imunologistas Bruce A. Beutler, Jules A. Hoffmann e Ralph M. Steinman. O trio obteve o Nobel de Medicina de 2011 por sua descrição do sistema imunológico humano, uma contribuição fundamental na luta contra doenças contagiosas e para o desenvolvimento de vacinas.

Ao anúncio do Nobel de Medicina seguirão esta semana os de Física e Química, na terça-feira e na quarta-feira, o de Literatura, na quinta-feira, e o da Paz, na sexta. A edição deste ano dos prestigiosos prêmios terminará na próxima segunda-feira, dia 15, com o de Economia.

A entrega dos Nobel será realizada, de acordo com a tradição, em duas cerimônias paralelas, em Oslo para o da Paz e em Estocolmo para os restantes, no dia 10 de dezembro, coincidindo com o aniversário da morte de Alfred Nobel.

ANEXO 34: Texto original de T18 retirado da *Folha de São Paulo*.

Ives Gandra da Silva Martins

TENDÊNCIAS/DEBATES

Células-tronco: o tempo é o senhor da razão

Pela CNBB, defendi em 2008 no STF não matar embriões. Citei as células-tronco adultas, mais eficientes. Perdemos. O Prêmio Nobel mostra agora nossa razão

Em 29 de maio de 2008, com grande cobertura da imprensa, aconteceu o início do julgamento da constitucionalidade da lei sobre a utilização de células embrionárias para experiências científicas.

Isso aconteceu por força da Ação Direta de Inconstitucionalidade proposta pela Procuradoria-Geral da República, que entendia ser inconstitucional a destruição de seres humanos em sua forma embrionária.

Representando a CNBB, mostrei, da tribuna do STF, que tais experiências - um fantástico insucesso nestes 15 anos de pesquisas em todo o mundo- seriam desnecessárias.

Dizia isso pois, três meses antes, o médico japonês Shinya Yamanaka conseguiu, reprogramando as células-tronco adultas (células do próprio organismo humano), obter os mesmos efeitos pluripotentes -ou seja, a possibilidade de dar origem a praticamente todos os tecidos do organismo humano.

Alegava-se que pluripotentes eram as células embrionárias. Elas seriam indispensáveis para o sucesso das experiências. Mas essas experiências, na verdade, foram sucessivamente mal sucedidas.

Dizia-se ainda, à época, que as células tronco adultas teriam efeitos apenas multipotentes, curando algumas doenças e não todas. Apenas as células embrionárias poderiam curar todas as doenças, quando fossem solucionados os problemas de rejeição e formação de teratomas (tumores).

Mostrei, na ocasião, que a Academia de Ciências do Vaticano -que possuía, então, 29 prêmios Nobel, no quadro de seus 80 acadêmicos- discutira a matéria, concluindo que o zigoto (primeira célula) é um ser humano, com todos os sinais que constituirão a sua integralidade, quando adulto.

Mostrei, inclusive, que, nos Estados Unidos, já ocorria a adoção de células embrionárias por casais sem filhos e que, na Alemanha, as experiências com células embrionárias não podiam ser feitas com material proveniente de mulheres alemãs, mas apenas com óvulos de mulheres de outros países.

Por fim, para não alongar este artigo, cercado por uma legião de cadeirantes, mostrei-lhes que as experiências com células embrionárias geravam tumores e rejeição nas experiências realizadas com animais.

Isso não acontecia, porém, nas experiências de reprogramação celular de Thompson e Yamanaka, por serem células do próprio organismo.

O certo é que, por seis votos a cinco, o Supremo Tribunal Federal optou pelas experiências com a destruição de seres humanos na sua forma embrionária, provocando inversão maior de recursos públicos nas experiências mal sucedidas (apesar das questões éticas envolvidas) e menor nos bem sucedidos experimentos com células adultas.

Felizmente, a Academia Sueca, ao outorgar o Prêmio Nobel a Yamanaka, sinalizou o que realmente se pode esperar das experiências com as células adultas reprogramadas para efeitos pluripotentes, que não geram rejeição, teratomas ou problemas éticos de qualquer natureza.

O prêmio à Yamanaka demonstra nitidamente que as experiências com as células embrionárias não sensibilizaram os acadêmicos suecos.

O tempo é sempre o senhor da verdade.

IVES GANDRA DA SILVA MARTINS, 77, advogado, é professor emérito da Universidade Mackenzie, da Escola de Comando e Estado-Maior do Exército e da Escola Superior de Guerra

ANEXO 35: Texto 19, livro *Biologia: Unidade e Diversidade*, editora FTD, 1ª Ed, 2016.

TEXTO & CONTEXTO
Escreva no caderno

5. Leia o texto a seguir para responder às questões em seu caderno.

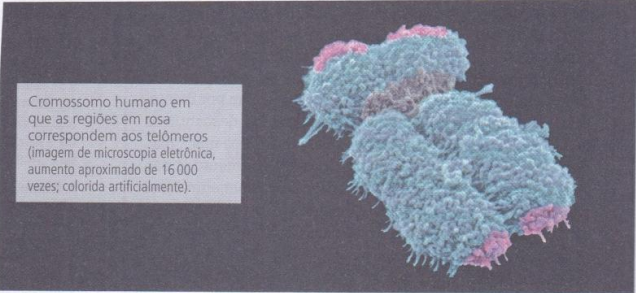
Mudar o estilo de vida pode reverter envelhecimento celular

Os pesquisadores sabem há bastante tempo que mudanças no estilo de vida – como a adoção de dietas e a prática de exercícios físicos – podem melhorar a saúde de um indivíduo, prevenindo problemas cardíacos e aumentando sua expectativa de vida. Uma pesquisa publicada na revista *The Lancet Oncology* [...] mostra, pela primeira vez, que essas mesmas mudanças também podem impedir, e até reverter, o envelhecimento das próprias células do indivíduo – e do DNA em seu interior.

Os telômeros são estruturas de proteína localizados no final de cada cromossomo. Eles fornecem uma proteção semelhante à presente nas pontas dos cadarços. Eles costumam envolver as extremidades do DNA, ajudando a mantê-lo estável e impedindo seu desgaste. No entanto, conforme as células se dividem, os telômeros se tornam mais curtos e mais frágeis. Assim, com o passar do tempo, eles se tornam menos capazes de proteger os cromossomos e podem ser usados como uma espécie de indicador da idade das células.

Os pesquisadores já sabem que comprimentos menores dos telômeros estão associados a um risco maior de morte prematura e doenças relacionadas com a idade, incluindo muitas formas de câncer – como o de mama, próstata, pulmão e colorretal –, doenças cardiovasculares, demência, AVC, osteoporose e diabetes.

Em seu estudo, os pesquisadores da Universidade da Califórnia, nos Estados



Cromossomo humano em que as regiões em rosa correspondem aos telômeros (imagem de microscopia eletrônica, aumento aproximado de 16 000 vezes; colorida artificialmente).

Unidos, analisaram se mudanças no estilo de vida poderiam ter influência direta no próprio tamanho dos telômeros e não só na saúde geral do corpo. [...]

Os cientistas mediram o comprimento dos telômeros de todos os participantes antes do início do estudo e após cinco anos. Como resultado, descobriram que os indivíduos que não passaram por nenhum tratamento apresentaram um leve envelhecimento no nível celular, com o comprimento de seus telômeros diminuindo 3%. Já os voluntários que adotaram mudanças abrangentes em seu estilo de vida rejuvenesceram – seus telômeros aumentaram, em média, 10%.

Além disso, o estudo mostrou que existe uma relação significativa entre o grau com que os indivíduos adotaram

o novo estilo de vida e a alteração em seus telômeros: quanto mais os participantes assumiram os novos comportamentos, mais seus telômeros aumentaram de tamanho. Mostraram assim que essas mudanças podem, sim, reverter o envelhecimento das células. "Se confirmarmos esses resultados em estudos de grande escala, vamos ser capazes de provar que mudanças globais no estilo de vida podem reduzir significativamente o risco de uma grande variedade de doenças e mortalidade prematura", diz Dean Ornish, pesquisador da Universidade da Califórnia, nos Estados Unidos, e autor do estudo.

Mudar o estilo de vida pode reverter envelhecimento celular. *Veja.com*, 18 set. 2013. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/saude/mudar-o-estilo-de-vida-pode-reverter-envelhecimento-celular>>. Acesso em: abr. 2016.

a) O que é o telômero?

b) Por que o telômero pode ser comparado a um relógio molecular?

6. Leia a reportagem abaixo.

Pesquisadores do Instituto de Tecnologia do Massachusetts (MIT) testaram com sucesso, em ratos, uma terapia anti-câncer com nanopartículas que ignoram células saudáveis, mas reconhecem células tumorais e injetam nelas drogas capazes de matá-las. Mesmo recebendo doses baixas do medicamento, animais doentes tiveram redução significativa dos tumores, com muito menos efeitos colaterais. O desenvolvimento de nanopartículas eficientes na destruição de tumores e inofensivas para os tecidos sadios enfrenta dois desafios: projetá-las para que escapem da resposta imunológica normal do corpo e para que alcancem, reconheçam e ataquem apenas as células-alvo.

STEVE GRISWOLD/SHUTTERSTOCK

Fonte: *Science translational medicine*, 4 abr. 2012. (Tradução nossa).

Depois de analisar as informações do texto, responda:

a) Como as nanopartículas citadas atuam no combate ao câncer?

b) Qual é a principal vantagem do uso de nanopartículas?



Célula tumoral do fígado (imagem de microscopia eletrônica, aumento aproximado de 3 300 vezes; colorida artificialmente).

ANEXO 36: Texto original de T19 retirado do site *Veja*.

Mudar o estilo de vida pode reverter envelhecimento celular

Pesquisa mostra que a adoção de uma dieta vegetariana acompanhada de exercícios físicos e meditação pode fazer com que o DNA no interior das células se recupere do desgaste acumulado ao longo do tempo

Por **Da Redação** access_time18 set 2013, 15h20



cromossomos (Thinkstock/VEJA/VEJA)

Os pesquisadores sabem há bastante tempo que mudanças no estilo de vida – como a adoção de dietas e a prática de exercícios físicos – podem melhorar a saúde de um indivíduo, prevenindo problemas cardíacos e aumentando sua expectativa de vida. Uma pesquisa publicada na revista *The Lancet Oncology* nesta terça-feira mostra, pela primeira vez, que essas mesmas mudanças

também podem impedir, e até reverter, o envelhecimento das próprias células do indivíduo – e do DNA em seu interior.

CONHEÇA A PESQUISA

Título original: Effect of comprehensive lifestyle changes on telomerase activity and telomere length in men with biopsy-proven low-risk prostate cancer: 5-year follow-up of a descriptive pilot study

Onde foi divulgada: periódico *The Lancet Oncology*

Quem fez: Dean Ornish, entre outros pesquisadores

Instituição: Universidade da Califórnia, EUA, entre outras

Dados de amostragem: 35 homens diagnosticados com câncer de próstata de baixo risco. Dez deles foram selecionados para passar por um tratamento que demandava mudanças completas em seu estilo de vida, como a adoção de uma dieta vegetariana, um regime de exercícios físicos e a prática de meditação. Os outros 25 não receberam esse tipo de instrução.

Resultado: Os pesquisadores analisaram os tamanhos dos telômeros no DNA dos indivíduos antes do tratamento e cinco anos após seu início. Nos indivíduos que mudaram de estilo de vida seu comprimento aumentou, em média, 10%. Já, entre aqueles que não passaram por nenhum tratamento, eles reduziram 3%.

Os telômeros são estruturas de proteína localizados no final de cada cromossomo. Eles fornecem uma proteção semelhante à presente nas pontas dos cadarços. Eles costumam envolver as extremidades do DNA, ajudando a mantê-lo estável e impedindo seu desgaste. No entanto, conforme as células se dividem, os telômeros se tornam mais curtos e mais frágeis. Assim, com o passar do tempo, eles se tornam menos capazes de proteger os cromossomos e podem ser usados como uma espécie de indicador da idade das células.

Os pesquisadores já sabem que comprimentos menores dos telômeros estão associados a um risco maior de morte prematura e doenças relacionadas com a idade, incluindo muitas formas de câncer – como o de mama, próstata, pulmão e colorretal -, doenças cardiovasculares, demência, AVC, osteoporose e diabetes.

Em seu estudo, os pesquisadores da Universidade da Califórnia, nos Estados Unidos, analisaram se mudanças no estilo de vida poderiam ter influência direta no próprio tamanho dos telômeros e não só na saúde geral do corpo. Para isso, analisaram o DNA de um pequeno grupo de homens diagnosticados com câncer de próstata de baixo risco, e que não tinham sido submetidos a tratamentos convencionais como cirurgia ou radioterapia.

Dez desses homens foram selecionados para passar por um tratamento que incluía uma mudança completa em seu estilo de vida, incluindo a adoção de uma dieta vegetariana, um regime de exercícios físicos moderados, a prática de técnicas de gerenciamento de stress – como meditação e ioga – e uma maior proximidade com família e amigos. Outros 25 homens serviram como um grupo de controle, e não passaram por nenhum tipo de tratamento.

Leia também:

Tamanho de estrutura no DNA pode prever expectativa de vida de animais selvagens

Depressão pode acelerar processo de envelhecimento

Pessoas ansiosas envelhecem mais rápido

Saiba mais

TELÔMEROS

São as ‘tampas’ das extremidades do cromossomo, uma forma de proteção similar à presente nas pontas de um cadarço de tênis. Sempre que um cromossomo é replicado para a divisão celular, os telômeros encurtam. Esse encurtamento tem sido visto por diversos cientistas como um marcador biológico do envelhecimento, o relógio que marca a duração da vida de uma pessoa e sua condição de saúde.

Os cientistas mediram o comprimento dos telômeros de todos os participantes antes do início do estudo e após cinco anos. Como resultado, descobriram que os indivíduos que não passaram por nenhum tratamento apresentaram um leve envelhecimento no nível celular, com o comprimento de seus telômeros diminuindo 3%. Já os voluntários que adotaram mudanças abrangentes em seu estilo de vida rejuvenesceram – seus telômeros aumentaram, em média, 10%.

Além disso, o estudo mostrou que existe uma relação significativa entre o grau com que os indivíduos adotaram o novo estilo de vida e a alteração em seus telômeros: quanto mais os participantes assumiram os novos comportamentos, mais seus telômeros aumentaram de tamanho. Mostraram assim que essas mudanças podem, sim, reverter o envelhecimento das células. “Se confirmarmos esses resultados em estudos de grande escala, vamos ser capazes de provar que mudanças globais no estilo de vida podem reduzir significativamente o risco de uma grande variedade de doenças e mortalidade prematura”, diz Dean Ornish, pesquisador da Universidade da Califórnia, nos Estados Unidos, e autor do estudo.

ANEXO 37: Texto 20, livro *Biologia: Unidade e Diversidade*, editora FTD, 1ª Ed, 2016.

Tais resultados repetiram-se em F_1 e em F_2 para todas as características estudadas por Mendel.

Dois fatos chamam a atenção:

- Na geração F_1 , "desaparecem" as plantas de flores brancas.
- Na geração F_2 , essas plantas ressurgem em todos os cruzamentos, na proporção de 3 : 1 (ou seja, três plantas com flores púrpura para cada planta com flores brancas).

Para explicar os resultados encontrados, Mendel apresentou as seguintes hipóteses:

- Cada característica de um organismo é condicionada por um par de fatores alternativos, sendo um deles proveniente do pai (por intermédio do gameta masculino) e o outro, da mãe (via gameta feminino). Quanto à cor das flores, por exemplo, um fator determina flores de cor púrpura e outro, flores de cor branca (tabela 1).
- Quando dois fatores são diferentes, apenas um (o dominante) se manifesta; o outro (recessivo) permanece encoberto.
- Os dois fatores separam-se na formação dos gametas, que são sempre puros, ou seja, cada gameta contém apenas um fator de cada par.

A reunião dessas conclusões compõe a **primeira lei de Mendel**, também conhecida por lei da pureza dos gametas ou lei da segregação dos fatores: "Cada característica é determinada por um par de fatores, que se segregam durante a formação dos gametas, os quais sempre são puros".

Cada classe ou categoria fenotípica pode ser chamada de **variedade**.

Tabela 1. Características estudadas por Mendel em ervilhas-de-cheiro e resultados na geração F_2

Característica	Dominante	Recessiva
Textura da semente	3 lisas 	1 rugosa 
Cor da semente	3 amarelas 	1 verde 
Forma da vagem	3 infladas 	1 constricta 
Cor da vagem	3 verdes 	1 amarela 
Cor da flor	3 púrpura 	1 branca 
Posição da flor	3 axiais 	1 terminal 
Comprimento dos ramos	3 longos 	1 curto 

Ilustrações: Luiz Rubio

A notícia

Você se lembra do Mendel? [...] Passei algumas das horas mais divertidas da minha adolescência aprendendo a juntar "azão" com "azinho" e vislumbrando os mistérios dos genes dominantes e recessivos. E se os resultados seminais desse sacerdote da atual República Tcheca, conhecido como o pai da genética moderna, na verdade fossem meio esquisitos? E se o título mais adequado para ele fosse o de pai da má conduta científica moderna?

Por incrível que pareça, a controvérsia existe desde o comecinho do século passado, ainda que livros didáticos não costumem mencioná-la.

É o que conta Gregory Radick, historiador da Universidade de Leeds (Reino Unido), em artigo na *Science*. Ocorre que o trabalho de Gregor Mendel com as celeberrimas ervilhas híbridas, de 1866, caiu no esquecimento por décadas. Foi só em

Malabarismos mendelianos

1900 que a obra do frade passou a ser relida e replicada. No meio do caminho, porém, havia um tal Raphael Weldon, que tomou contato com os experimentos mendelianos em outubro daquele ano.

Um dos pioneiros da aplicação de métodos estatísticos precisos ao estudo da Biologia, o britânico Weldon começou a achar que havia algo de muito esquisito nos números dos experimentos de Mendel. Talvez você se lembre de que, além das ervilhas amarelas e verdes, o padre também estudava ervilhas lisas e rugosas. Primeiro, ele cruzou ervilhas lisas com rugosas e, mais tarde, cruzou as ervilhas híbridas, resultado desse cruzamento, entre si.

Conclusão: de um total de 7324 ervilhas geradas nesse segundo cruzamento (haja paciência e vista boa para contar tanta ervilha), 5474 eram lisas (por carregarem ao menos uma cópia do gene

dominante para "lisura", como dizemos hoje).

E daí? Daí que o número fica muito perto de ser uma proporção exata de 75% de ervilhas híbridas de segunda geração lisas, valor que era precisamente o previsto pela teoria de Mendel. Weldon aplicou técnicas estatísticas aos dados e concluiu que eles estavam arrumadinhos demais – o esperado seria haver desvios estatísticos mais claros em relação ao resultado previsto pela teoria. [...] E resumiu a situação numa carta a um colega: "Ou ele [Mendel] é um mentiroso, ou é um homem maravilhoso". Até sua morte, em 1906, Weldon continuou não engolindo as ervilhas.

O fato é que, apesar de tudo, a visão de Mendel acabou triunfando entre os biólogos, ainda que os resultados experimentais raramente fossem tão certinhos quanto os dele. [...]

LOPES, R. J. Malabarismos mendelianos. *Folha de S.Paulo*, 11 out. 2015. Fornecido pela Folhapress. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/colunas/reinaldojoselopes/2015/10/1692821-malabarismos-mendelianos.shtml>>. Acesso em: abr. 2016.

Atividades

Escreva no caderno

Depois de ler a notícia, responda:

1. Em linhas gerais, qual era a razão da desconfiança de Raphael Weldon em relação aos trabalhos de Mendel?
2. As suspeitas levantadas por Weldon foram suficientes para desacreditar Mendel?

No texto, o autor usa incorretamente a palavra "gene" para se referir a "alelo", uma forma alternativa do gene.

ANEXO 38: Texto original de T20 retirado do site *Folha de São Paulo*.

Malabarismos mendelianos

11/10/2015 02h00

Você se lembra do Mendel? É, aquele frade da ervilha verde e da ervilha amarela, do "azão azão" (ou AA) que cruza com o "azinho azinho" (aa) das aulas de biologia.

Passei algumas das horas mais divertidas da minha adolescência aprendendo a juntar "azão" com "azinho" e vislumbrando os mistérios dos genes dominantes e recessivos. E se os resultados seminais desse sacerdote da atual República Tcheca, conhecido como o pai da genética moderna, na verdade fossem meio esquisitos? E se o título mais adequado para ele fosse o de pai da má conduta científica moderna?

Por incrível que pareça, a controvérsia existe desde o comecinho do século passado, ainda que livros didáticos não costumem mencioná-la.

É o que conta Gregory Radick, historiador da Universidade de Leeds (Reino Unido), em artigo na "Science". Ocorre que o trabalho de Gregor Mendel com as celebérrimas ervilhas híbridas, de 1866, caiu no esquecimento por décadas. Foi só em 1900 que a obra do frade passou a ser relida e replicada. No meio do caminho, porém, havia um tal Raphael Weldon, que tomou contato com os experimentos mendelianos em outubro daquele ano.

Um dos pioneiros da aplicação de métodos estatísticos precisos ao estudo da biologia, o britânico Weldon começou a achar que havia algo de muito esquisito nos números dos experimentos de Mendel. Talvez você se lembre de que, além das ervilhas amarelas e verdes, o padre também estudava ervilhas lisas e rugosas. Primeiro, ele cruzou ervilhas lisas com rugosas e, mais tarde, cruzou as ervilhas híbridas, resultado desse cruzamento, entre si.

Conclusão: de um total de 7.324 ervilhas geradas nesse segundo cruzamento (haja paciência e vista boa para contar tanta ervilha), 5.474 eram lisas (por carregarem ao menos uma cópia do gene dominante para "lisura", como dizemos hoje).

E daí? Daí que o número fica muito perto de ser uma proporção exata de 75% de ervilhas híbridas de segunda geração lisas, valor que

era precisamente o predito pela teoria de Mendel. Weldon aplicou técnicas estatísticas aos dados e concluiu que eles estavam arrumadinhos demais –o esperado seria haver desvios estatísticos mais claros em relação ao resultado previsto pela teoria.

O britânico calculou ainda que, se os mesmos experimentos fossem realizados de novo, a chance de os resultados se desviarem mais da proporção de 75% seria de 16 para 1. E resumiu a situação numa carta a um colega: "Ou ele [Mendel] é um mentiroso, ou é um homem maravilhoso". Até sua morte, em 1906, Weldon continuou não engolindo as ervilhas.

O fato é que, apesar de tudo, a visão de Mendel acabou triunfando entre os biólogos, ainda que os resultados experimentais raramente fossem tão certinhos quando os dele.

Não há nenhuma evidência de que, de fato, tenha havido fraude de caso pensado. Para Radick, o mais provável é que Mendel tenha feito contagens mais precisas do que o normal de forma inconsciente.

A verdadeira lição, para o historiador da ciência, é que quase sempre as características biológicas têm uma variação bem mais gradual do que a simples oposição binária entre ervilhas lisas e rugosas. O conjunto dos genes de um ser vivo e a influência do ambiente tendem a produzir uma diversidade bem maior de características. É esse contexto que ainda precisa ser considerado quando estudamos genética.

ANEXO 39: Texto 21, livro *Biologia: Unidade e Diversidade*, editora FTD, 1ª Ed, 2016.

Considere, por hipótese, que os frutos mais pesados tenham 120 g, e os mais leves, 60 g.

$$\frac{\text{massa máxima} - \text{massa mínima}}{\text{número máximo de alelos aditivos}} =$$

$$= \frac{120 \text{ g} - 60 \text{ g}}{6} = + 10 \text{ g}$$

Na planta de frutos de massa mínima, não há alelo aditivo; na de frutos de massa máxima, há seis (pois são três pares de alelos). Portanto, cada alelo aditivo acrescenta 10 g ao fenótipo residual ou mínimo (que é 60 g).

Outra maneira de estimar o número de pares de alelos envolvidos em uma herança poligênica é fazê-lo com base na frequência de cada um dos fenótipos extremos (máximo e mínimo). Em um caso de herança poligênica condicionado por n pares de alelos, a frequência de aparecimento de cada um dos fenótipos extremos (f_e) na geração F_2 é dada por:

$$f_e = \frac{1}{4^n}$$

Em uma criação de porcos, por exemplo, o criador encontrou, entre animais de mesma idade e mesma dieta, massas variando entre 60 kg e 100 kg.

Quando machos de massa máxima eram cruzados com fêmeas de massa mínima, obtinha-se uma linhagem de massa intermediária (aproximadamente 80 kg, na mesma idade).

Ao cruzar machos e fêmeas dessa linhagem intermediária, o criador obteve uma geração F_2 com 1 024 animais, dos quais apenas um chegou a 100 kg. Quantos pares de alelos estão envolvidos na determinação da massa desses animais?

Se, em 1 024 animais, um tem 100 kg, a frequência desse fenótipo extremo é de 1 para 1 024. Assim:

$$\frac{1}{4^n} = \frac{1}{1024}$$

Ou seja, $4^n = 1024 = 4^5$; logo: $n = 5$ pares. Concluindo, a massa dessa linhagem de porcos é determinada por cinco pares de alelos, com a possibilidade de existirem dez alelos aditivos, que elevam a massa de 60 kg para 100 kg. Se dez alelos promovem acréscimo de 40 kg, então cada alelo acrescenta 4 kg ao fenótipo residual.

A notícia

Estudo identifica fatores genéticos que determinam a altura das pessoas

Análise de 250 mil pessoas levou à identificação de 700 variantes genéticas. Compreensão da genética da altura pode ajudar a entender outras doenças.

Não é nenhum segredo que, se o pai e a mãe de uma pessoa são altos, ela provavelmente também vai ser alta. Mas a plena compreensão da genética que define a altura de uma pessoa tem sido um grande desafio para os cientistas. [...]

Estima-se que a genética corresponda por 80% da definição de se uma pessoa será alta ou baixa. Nutrição e outros fatores ambientais respondem pelos 20% restantes. O ser humano tem se tornado mais alto nas últimas gerações por causa de fatores externos como a melhoria da nutrição.

"Estudamos a altura por duas razões principais", disse o Dr. Joel Hirschhorn [...]. "Há mais de 100 anos, ela tem sido um grande modelo para estudar a genética de doenças como obesidade, diabetes, asma, que também são causadas pela influência de vários genes que atuam juntos. Então, a compreensão de como a genética da altura funciona pode ajudar a entender como a genética de doenças humanas funciona", disse ele.

Além disso, a baixa estatura na infância é um grande problema clínico para

endocrinologistas pediátricos. Conhecer os genes relacionados à altura e as suas variantes pode ajudar os médicos a diagnosticar as crianças que têm uma única causa subjacente principal para a estatura baixa. [...]

Muitos genes salientados no estudo, publicado na revista *Nature Genetics*, são, provavelmente, importantes reguladores de crescimento do esqueleto, mas não eram conhecidos anteriormente para serem envolvidos, disseram os pesquisadores. [...]

Estudo identifica fatores genéticos que determinam a altura das pessoas. **Portal G1/Da Reuters**, 06 out. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/10/estudo-identifica-fatores-geneticos-que-determinam-altura-das-pessoas.html>>. Acesso em: mar. 2016.

Atividades

Escreva no caderno

Depois de ler a notícia, responda:

1. De acordo com o texto, a determinação da altura de uma pessoa sofre predominantemente a influência de fatores hereditários ou ambientais? Em que proporção?
2. Em poucas palavras, por que os estudos sobre a hereditariedade da estatura humana podem contribuir para compreender a obesidade, o diabetes e a asma?

ANEXO 40: Texto original de T21 retirado do site *G1*.

06/10/2014 09h22 - Atualizado em 06/10/2014 09h22

Estudo identifica fatores genéticos que determinam a altura das pessoas

Análise de 250 mil pessoas levou à identificação de 700 variantes genéticas. Compreensão da genética da altura pode ajudar a entender outras doenças.



Estudo levantou genes que interferem na altura das pessoas (Foto: Horton Web Design/SXC.hu)

Não é nenhum segredo que, se pai e a mãe de uma pessoa são altos, ela provavelmente também vai ser alta. Mas a plena compreensão da genética que define a altura de uma pessoa tem sido um grande desafio para os cientistas.

Neste domingo (5), foi publicado o maior estudo já feito sobre o assunto, com análise de dados de genoma de

mais de 250 mil pessoas que levou à identificação de cerca de 700 variantes genéticas e mais de 400 regiões do genoma relacionadas com a altura.

Estima-se que a genética corresponda por 80% da definição de se uma pessoa será alta ou baixa. Nutrição e outros fatores ambientais respondem pelos 20% restantes. Os seres humanos têm se tornado mais altos nas últimas gerações por causa de fatores externos como a melhoria da nutrição.

"Estudamos a altura por duas razões principais," disse o Dr. Joel Hirschhorn, geneticista e endocrinologista pediátrico do Hospital Infantil de Boston e do Instituto Broad do Massachusetts Institute of Technology e da Universidade de Harvard.

"Há mais de 100 anos, ela tem sido um grande modelo para estudar a genética de doenças como obesidade, diabetes, asma, que também são causadas pela influência de vários genes que atuam juntos. Então, a compreensão de como a genética da altura funciona pode ajudar a entender como a genética de doenças humanas funciona", disse ele.

Além disso, a baixa estatura na infância é um grande problema clínico para endocrinologistas pediátricos. Conhecer os genes relacionados à altura e as suas variantes pode ajudar os médicos a diagnosticar as crianças que têm uma única causa subjacente principal para a estatura baixa.

A equipe internacional de pesquisadores analisou dados de genomas de 253.288 pessoas de ascendência europeia, todos da Europa, América do Norte e Austrália. Eles percorreram cerca de 2 milhões de variantes genéticas comuns nestes indivíduos e identificaram 697 genes variantes em 424 regiões do DNA como relacionados à altura.

Muitos genes salientados no estudo, publicado na revista "*Nature Genetics*", são,

provavelmente, importantes reguladores de crescimento do esqueleto, mas não eram conhecidos anteriormente para serem envolvidos, disseram os pesquisadores.

Alguns estavam relacionadas com o colágeno, um componente do osso, outros ao componente da cartilagem chamado sulfato de condroitina, além de alguns ligados à área de crescimento de tecido perto das extremidades dos ossos longos do corpo.

Os pesquisadores disseram que há muito mais a aprender. "Encontramos as variantes genéticas - os pedaços de DNA que variam de pessoa para pessoa - que respondem por 20% do componente genético para variação normal na altura", disse o geneticista Timothy Frayling, da Universidade de Exeter, no Reino Unido.

"Isso se compara a uma situação em 2007, quando não sabíamos absolutamente nada sobre os genes e regiões do genoma humano envolvido em diferenças de altura normal, apesar altura toda a gente saber é muito fortemente genético."

Um estudo anterior da mesma equipe, de 2010, envolveu um número menor de pessoas e identificou 199 variantes genéticas que se situam em 180 regiões do genoma.

ANEXO 41: Texto 22, livro *Biologia: Unidade e Diversidade*, editora FTD, 1ª Ed, 2016.

A notícia

O caso Angelina Jolie

[...]

Procedimentos como o adotado por Jolie se tornaram possíveis depois que pesquisadores identificaram nos genes BRCA 1 e 2 variantes deletérias associadas à doença e desenvolveram testes para detectá-las. Num lance questionável, ambos os genes foram patenteados nos Estados Unidos [...]. O caso está na Suprema Corte norte-americana.

Não menos polêmica é a decisão de Jolie de remover preventivamente tecidos que, até prova em contrário, permaneciam saudáveis. Diversos profissionais de saúde sustentam que seria preferível um acompanhamento rigoroso, ou até uma quimioterapia profilática, à solução tão radical.

O problema é que ainda não há um número suficiente de casos para

determinar de forma estatisticamente segura qual é a melhor conduta. A escolha acaba definida pela tolerância ao risco de cada paciente — decisão pessoal e intransferível, para a qual contribuiu, no caso de Jolie, o fato de sua mãe ter morrido de câncer aos 59 anos.

Não demorará para que cientistas identifiquem novas associações entre variantes genéticas e moléstias, estendendo a mais pessoas dilemas como o vivido pela atriz.

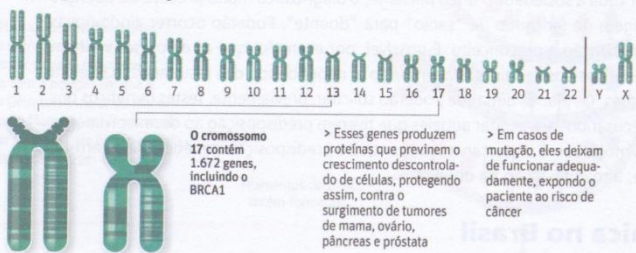
Se a era da medicina personalizada acena com medicamentos e terapias mais eficientes, desenhados para o perfil genético de determinada pessoa, também deverá multiplicar as ocasiões em que se conhecerá a doença, mas não a cura. Cada um terá de escolher de quanta informação necessita.

O caso Angelina Jolie. **Folha de S.Paulo**, 16 maio 2013. Fornecido pela Folhapress. Disponível em: <www1.folha.uol.com.br/fsp/opinia/109088-o-caso-angelina-jolie.shtml>. Acesso em: mar. 2016.

SÍNDROME HEREDITÁRIA DE CÂNCER DE MAMA E OVÁRIO

Ocorre devido à mutação do gene BRCA1 ou do gene BRCA2

Células humanas
Todas têm 22
pares de cromosomas,
além dos cromosomas
sexuais X e Y



RISCOS DE DESENVOLVER CÂNCER AO LONGO DA VIDA

Mutação no BRCA1

Câncer de mama	65%
2º câncer de mama	40 a 60%
Câncer de ovário	39%

Mutação no BRCA2

Câncer de mama	45%
Câncer de ovário	11%

Fontes: Stanford Cancer Centre, Inca (Instituto Nacional de Câncer) e Graphic News

Atividades

Escreva
no caderno

Depois de ler a notícia responda às questões em seu caderno.

- O que existe de simbólico em a decisão ter sido tomada por uma mulher com a projeção mundial da atriz Angelina Jolie?
- Essa notícia reacende uma questão polêmica: por meio de patentes, empresas podem restringir pesquisas e controlar informações sobre o código genético humano.
 - Por trás da questão das patentes, há outra: a decifração do genoma é uma invenção ou uma descoberta? Justifique sua opinião.
 - A descoberta de determinado gene (por exemplo, o responsável por uma doença hereditária) é ou não passível de ser patenteada? Justifique sua opinião.
 - Discuta o significado da última frase do texto “Cada um terá de escolher de quanta informação necessita.”.

ANEXO 42: Texto original de T22 retirado do site *Folha de São Paulo*.

Editorial: O caso Angelina Jolie

16/05/2013 03h30

Foi sem dúvida surpreendente e corajoso o artigo que Angelina Jolie escreveu para o jornal "The New York Times", no qual a atriz revelou ter feito cirurgia para retirar as mamas e assim diminuir o risco de desenvolver um câncer.

Habituada a usar em favor de causas humanitárias o interesse que desperta na imprensa, Jolie, desta vez, deflagrou um debate acerca do procedimento -- controverso-- e da promessa de uma medicina cada vez mais personalizada, baseada em informações do perfil genético do paciente.

Jolie, 37, decidiu realizar dupla mastectomia preventiva após descobrir uma mutação no gene BRCA 1 que a torna extremamente propensa a desenvolver tumores nas mamas e nos ovários --ela ainda planeja removê-los. Segundo a atriz, o risco de câncer de mama era de 87%, e o de ovário, de 50%.

Só uma minoria dos tumores de mama (cerca de 10%) tem origem genética. Parcela ínfima da população, estimada entre 0,1% e 0,2%, carrega as mutações perigosas, que são um pouco mais frequentes entre judeus de origem europeia.

Procedimentos como o adotado por Jolie se tornaram possíveis depois que pesquisadores identificaram nos genes BRCA 1 e 2 variantes deletérias associadas à doença e desenvolveram testes para detectá-las. Num lance questionável, ambos os genes foram patenteados nos Estados Unidos pela empresa Myriad Genetics. O caso está na Suprema Corte norte-americana.

Não menos polêmica é a decisão de Jolie de remover preventivamente tecidos que, até prova em contrário, permaneciam saudáveis. Diversos profissionais de saúde sustentam que seria preferível um acompanhamento rigoroso, ou até uma quimioterapia profilática, a solução tão radical.

O problema é que ainda não há um número suficiente de casos para determinar de forma estatisticamente segura qual é a melhor conduta. A escolha acaba definida pela tolerância ao risco de cada paciente --decisão pessoal e intransferível, para a qual contribuiu, no caso de Jolie, o fato de sua mãe ter morrido de câncer aos 59 anos.

Não demorará para que cientistas identifiquem novas associações entre variantes genéticas e moléstias, estendendo a mais pessoas dilemas como o vivido pela atriz.

Se a era da medicina personalizada acena com medicamentos e terapias mais eficientes, desenhados para o perfil genético de determinada pessoa, também deverá multiplicar as ocasiões em que se conhecerá a doença, mas não a cura. Cada um terá de escolher de quanta informação necessita.

ANEXO 43: Texto 23, livro *Biologia: Unidade e Diversidade*, editora FTD, 1ª Ed, 2016.

O que fazer com o conceito de gene?

Muitos dos mecanismos recém-descobertos envolvem a atuação conjunta de DNA, RNA, proteínas e organelos, revelando profunda interação entre os diversos componentes celulares. Podemos afirmar que as descobertas das últimas décadas estão retirando do DNA a "exclusividade" sobre os mecanismos de controle da arquitetura e do funcionamento das células e dos organismos.

Podemos, todavia, continuar assumindo o gene como uma **simplificação didática** e uma ferramenta útil no estudo da Biologia Celular e da Genética, como temos feito até então. E não estamos sozinhos nessa opção: o portal oficial do Projeto Genoma Humano traz definições conservadoras. Leia:

O gene é a unidade básica da herança. Os genes são passados de pais para filhos e contêm a informação necessária para especificar características. Os genes estão dispostos, um após o outro, em estruturas chamadas cromossomos. Um cromossomo contém uma única molécula de DNA. Os seres humanos possuem cerca de 20 mil genes em seus cromossomos.

National Human Genome Research Institute. Disponível em: <<http://www.genome.gov/glossary/index.cfm?id=70>>. Acesso em: mar. 2016. (Tradução nossa.)

De acordo com essa definição, o gene é visto como a **unidade da hereditariedade** e, mais do que isso, possui estrutura, função e localização definidas.

Retornamos ao ponto de partida, com uma concepção muito parecida à de Gregor Mendel e Thomas Morgan? Retornamos ao início do século XX? Por que uma entidade cientificamente tão avançada adota um conceito sabidamente em crise? A resposta é simples: ainda não surgiu outro melhor para colocar no lugar! Os próximos anos certamente trarão novidades.

Escreva
no caderno

Depois da leitura dos textos, faça o que se pede:

1. (Ufop-MG) Com relação à síntese de proteínas em uma célula, é incorreto afirmar:

- a) Todas as células sintetizam sempre os mesmos tipos de proteínas, nas mesmas proporções.
- b) A sequência de bases nitrogenadas ao longo da molécula de RNA mensageiro determina a sequência dos aminoácidos incorporados na cadeia polipeptídica.
- c) Para a formação da proteína, não basta a atividade do RNAm; é necessária a participação dos RNAt e dos ribossomos.
- d) Ao longo de um DNA, há segmentos que atuam diretamente na síntese de proteínas, os éxons, e os que parecem inativos nesse processo, os íntrons.

2. (Enem/MEC)

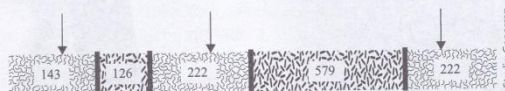
Durante muito tempo, os cientistas acreditaram que variações anatômicas entre os animais fossem consequência de diferenças significativas entre seus genomas. Entretanto, os projetos de sequenciamento de genoma revelaram o contrário. Hoje, sabe-se que 99% do genoma de um camundongo é igual ao do ser humano, apesar das notáveis diferenças entre eles. Sabe-se também que os genes ocupam apenas cerca de 1,5% do DNA e que menos de 10% dos genes codificam proteínas que atuam na construção e na definição das formas do corpo. O restante, possivelmente, constitui DNA não codificante. Como explicar, então, as diferenças fenotípicas entre as diversas espécies animais? A resposta pode estar na região não codificante do DNA.

Adaptado de: CARROLL, S. B. et al. O jogo da evolução. Scientific American Brasil, jun. 2008.

A região não codificante do DNA pode ser responsável pelas diferenças marcantes no fenótipo porque contém:

- a) as sequências de DNA que codificam proteínas responsáveis pela definição das formas do corpo.
- b) uma enzima que sintetiza proteínas a partir da sequência de aminoácidos que formam o gene.
- c) centenas de aminoácidos que compõem a maioria de nossas proteínas.
- d) informações que, apesar de não serem traduzidas em sequências de aminoácidos, interferem no fenótipo.
- e) os genes associados à formação de estruturas similares às de outras espécies.

3. (Fameca-SP) Um gene que é responsável pela produção de uma proteína apresenta o seguinte aspecto:



Os números representam a quantidade de nucleotídeos presentes em cada segmento. As setas indicam onde estão localizados os íntrons, que são segmentos de DNA não codificante. Ao contrário, os éxons correspondem a DNA codificante. Considerando as sequências de nucleotídeos desse segmento de DNA que participarão na produção da proteína, pergunta-se:

- a) Uma proteína produzida a partir do gene acima poderá ter, no máximo, quantos aminoácidos? Justifique.
- b) Dada uma sequência de aminoácidos de uma proteína, é possível saber a sequência de nucleotídeos do gene responsável pela produção dessa proteína? Explique.

ANEXO 44: Texto original de T23 retirado do glossário do site da *National Human Genome Research Institute*.

Gene

The gene is the basic physical unit of inheritance. Genes are passed from parents to offspring and contain the information needed to specify traits. Genes are arranged, one after another, on structures called chromosomes. A chromosome contains a single, long DNA molecule, only a portion of which corresponds to a single gene. Humans have approximately 20,000 genes arranged on their chromosomes.

ANEXO 45: Texto 24, livro *Biologia: Unidade e Diversidade*, editora FTD, 1ª Ed, 2016.

Já a **macroevolução** envolve alterações que resultam em diferenças mais significativas e podem resultar, por exemplo, no surgimento de novas espécies (figura 6).

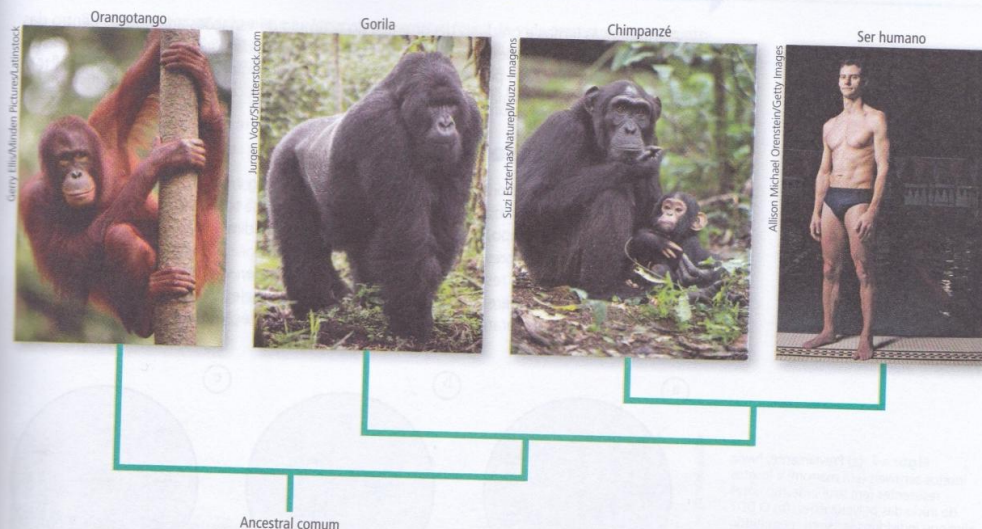


Figura 6. Modelo de macroevolução: possível surgimento de novas espécies, a partir de ancestrais comuns.

A notícia

Quando as moscas-das-frutas ficam doentes

Uma pesquisa da North Carolina State University e do Reed College mostrou que, quando moscas-das-frutas (ou drosófilas, da família Drosophilidae) são atacadas por bactérias ou parasitas, elas geram descendentes com maior variabilidade genética. Esta variabilidade extra pode dar à prole maior chance de sobreviver se exposta aos mesmos patógenos. O resultado da pesquisa demonstra que os pais podem alterar "propositadamente" os genótipos dos filhos.

Os gametas de drosófilas são haploides, ou seja, possuem apenas uma cópia de cada cromossomo. [...] Em condições normais, para um certo par de homólogos, cada descendente tem 25% de probabilidade de receber a cópia materna, 25% de receber a cópia paterna e 50% de

receber um cromossomo recombinante [que sofreu *crossing-over*].

Já em condições ambientais desfavoráveis (por exemplo, diante da presença de parasitas), pode ser vantajoso ter filhos com mais cromossomos recombinantes. Por terem novas combinações de alelos, os descendentes têm mais chance de tolerar as novas condições.

[Os pesquisadores] queriam entender que estratégias as drosófilas desenvolveriam quando infectadas por bactérias ou atacadas por vespas parasitas. Os cientistas expuseram drosófilas a duas espécies diferentes de bactérias patogênicas e a vespas da espécie *Leptopilina clavipes*, que deposita os ovos nas larvas das mosquinhas.

Publicados na revista *Science*, os estudos mostraram resultados surpreendentes. Fêmeas sobreviventes de ataques de bactérias ou de vespas produziram mais descendentes com cromossomos recombinantes. Em outras palavras, essas fêmeas foram capazes de produzir uma prole geneticamente mais diversificada.

"Esse é um exemplo de 'distorção da transmissão'. Algo informa às moscas que elas devem produzir mais filhos recombinantes do que seria normalmente esperado", diz [um dos cientistas]. "Gerando uma prole com maior variabilidade genética, as fêmeas 'aumentam a aposta' em ter pelo menos alguns descendentes capazes de resistir ao ataque biológico". [...]

NC State University News, 13 ago. 2015. Disponível em: <<https://news.ncsu.edu/2015/08/singh-fruit-fly/>>. Acesso em: abr. 2016. (Tradução nossa.)

Atividades

Escreva
no caderno

Depois de ler a notícia, faça o que se pede:

1. Em uma primeira análise, essa notícia admite uma interpretação "lamarckista". Qual é essa interpretação?
2. Forneça uma explicação compatível com as modernas teorias a respeito da evolução dos seres vivos.

ANEXO 46: Texto original de T24 retirado de um noticiário do site da *NC State University News*.

When Fruit Flies Get Sick, Their Offspring Become More Diverse

For Immediate Release

August 13, 2015

New research from North Carolina State University and Reed College shows that when fruit flies are attacked by parasites or bacteria they respond by producing offspring with greater genetic variability. This extra genetic variability may give the offspring an increased chance of survival when faced with the same pathogens. These findings demonstrate that parents may purposefully alter the genotypes of their offspring.

Fruit flies' reproductive cells are usually haploid, meaning that there is only one copy of each chromosome in the cell's nucleus instead of two. During meiosis, the form of cell division that creates eggs in females and sperm in males, female fruit flies produce eggs that contain only one set of chromosomes – each chromosome in the set may be a copy of the mother's chromosome or a copy of the father's chromosome. Or they may be a mixture of both chromosomes due to a process known as recombination. Under normal conditions each offspring of a female fruit fly has a 25 percent chance of getting a maternal copy of a chromosome, a 25 percent chance of receiving a paternal copy, and a 50 percent chance of receiving a recombinant chromosome.

In theory, under conditions in which organisms face new threats, such as those posed by parasites or pathogens, it could be advantageous to have offspring with more recombinant chromosomes. These offspring would have more novel combinations of alleles (versions of particular genes), increasing the chances that at least some of them would be well adapted to these threats.

Nadia Singh, an assistant professor of biological sciences at NC State, and her colleague and co-author of a paper describing the work, Todd Schlenke of Reed College, wanted to see if fruit flies have evolved such a strategy for coping with infections by bacteria or parasitic wasps. Singh and Schlenke exposed fruit flies to two different pathogenic bacteria, as well as to the parasitic wasp *Leptopilina clavipes*, which lays its eggs inside fruit fly larvae and devours the fly from the inside out unless it is killed by the fly immune system.

The findings, which appear in *Science*, were surprising. Females who survived bacteria or wasp infection produced a much greater proportion of recombinant offspring than control, uninfected flies. The surviving mothers made their offspring more diverse.

“We believe that this is an example of what has been called transmission distortion. In this case, something is signaling these female fruit flies to produce a higher proportion of offspring with recombined chromosomes than they would normally,” says Singh. “The result is that they’re hedging their bets, genetically speaking – creating a large number of very different offspring means that at least some of those offspring may be genetically better suited to surviving future threats from these bacteria or parasites.”

Even more interesting was the discovery that this signal may somehow be transmitted even when the female is exposed to the threat in the larval stage – well before egg production (and the associated chromosomal recombination) begins.

“It is interesting that stresses occurring early in development can influence a host’s reproductive machinery later in life – we don’t know yet what the infection signal is or how it is maintained across metamorphosis” says Schlenke. “And there’s no reason to think that this type of reproductive response to infection is unique to flies,” adds Singh. “We want to know whether other species do this, because it represents a novel way that parents can influence the potential fitness of their offspring.”

The research was supported by funding from NC State and by the National Science Foundation (grant 1257469 to Todd Schlenke). Graduate student Erin Keebaugh, postdoc Kathryn Kohl, and undergraduate students Dallas Criscoe (NC State) and Shelly Skolfield (Reed College) also contributed to the work.

-peake-

Note to editors: Abstract follows

DOI: 10.1126/science.aab1768

“Fruit flies diversify their offspring in response to parasite infection”

Authors: Nadia Singh, NC State University; Todd Schlenke, Shelly Skolfield, Reed College; Dallas Criscoe, Baylor College of Medicine; Kathryn Kohl, Winthrop University; Erin Keebaugh, Emory University

Published: Aug. 14, 2015 in *Science*

Abstract:

The evolution of sexual reproduction is often explained by Red Queen dynamics: Organisms must continually evolve to maintain fitness relative to interacting organisms, such as parasites. Recombination accompanies sexual reproduction and helps diversify an organism’s offspring, so that parasites cannot exploit static host genotypes. Here we show that *Drosophila melanogaster* plastically increases the production of recombinant offspring after infection. The response is consistent across genetic backgrounds, developmental stages, and parasite types but is not induced after sterile wounding. Furthermore, the response appears to be driven by transmission distortion rather than increased recombination. Our study extends the Red Queen model to include the increased production of recombinant offspring and uncovers a remarkable ability of hosts to actively distort their recombination fraction in rapid response to environmental cues.