

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

Cléia Rosani Baiotto

**CARACTERES HUMANOS UTILIZADOS NO ENSINO DOS PADRÕES
DE HERANÇA MENDELIANOS**

Santa Maria, RS
2017

Cléia Rosani Baiotto

**CARACTERES HUMANOS UTILIZADOS NO ENSINO DOS PADRÕES DE
HERANÇA MENDELIANOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do título de **Doutora em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde.**

Orientador: Prof. Dr. Élgion Lúcio da Silva Loreto

Santa Maria, RS
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Baiotto, Cléia Rosani
CARACTERES HUMANOS UTILIZADOS NO ENSINO DOS PADRÕES DE
HERANÇA MENDELIANOS / Cléia Rosani Baiotto.- 2017.
197 p.; 30 cm

Orientador: Élgion Lúcio da Silva Loreto
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria,
Centro de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação em
Ciências: Química da Vida e Saúde, RS, 2017


1. Traços Humanos 2. Herança Monogênica 3. Aprendizagem
4. Investigação 5. Genética I. Loreto, Élgion Lúcio da Silva
II. Título.

Cléia Rosani Baiotto

**CARACTERES HUMANOS UTILIZADOS NO ENSINO DOS PADRÕES DE
HERANÇA MENDELIANOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do título de **Doutora em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde**.

Aprovado em 27 de outubro de 2017.



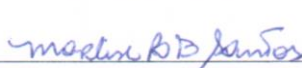
Elgion Lúcio da Silva Loreto, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Lavinia Schüler Faceini, Dra. (UFRGS)



Eliana Maria Beluzzo Dessen, Dra. (USP)



Marlise Ladvoeat Bartholomei Santos, Dra. (UFSM)



Andrea Ines Goldschmidt, Dra. (UFSM)

Santa Maria, RS
2017

AGRADECIMENTOS

Esta tese é o resultado de um trabalho coletivo e de muitos anos dedicados ao ensino de genética, por isso proveito este espaço para agradecer algumas pessoas especiais que cruzaram meu caminho, estenderam a mão e compartilharam experiências nesta caminhada.

Ao meu esposo e companheiro, Moacir, pelo apoio, pelo estímulo, pelo suporte técnico, por torcer por mim e entender minha ausência.

Ao meu filho, Alexandre, pelo amor, pelo carinho, pelo auxílio, por entender a mãe distante mesmo presente.

Aos meus pais, pelo amor, pela atenção, pelo incentivo e pelo exemplo.

Aos meus irmãos, pelo carinho, pelo estímulo, pela torcida e, principalmente, pelo exemplo de dedicação e profissionalismo.

À amiga e colega Sabrina, companheira de viagens, de estudos e do “diário de bordo”.

Aos amigos que, mesmo sem entender muitas vezes, aceitaram as ausências.

Ao professor Dr. Élgion Loreto, pela confiança, pelo incentivo e pelas importantes contribuições ao longo destes anos.

À professora Dra. Lenira Sepel, pelo exemplo e pelas contribuições extremamente pertinentes no trabalho.

Aos professores do curso e, em especial, à professora Dra. Marlise Bartholomei-Santos, pela atenção e pelas excelentes contribuições no desenvolvimento deste trabalho.

À professora Dra. Eliana Dessen, que mesmo sem saber, através do “Genética na Praça”, me mostrou que é possível fazer um pouco mais pelo ensino de genética.

À professora Dra. Lavínia Schüller, pelo exemplo de professora, pesquisadora e pelo amor e respeito à profissão que escolheste.

Aos demais professores, que gentilmente aceitaram participar das bancas de qualificação e defesa.

Ao professor Rodrigo Antoniazzi, coordenador do curso de Ciências da Computação, e seus bolsistas, que aceitaram e desenvolveram minha proposta.

Às escolas que participaram do projeto e aos seus professores, meus colegas da Biologia, por proporcionarem o desenvolvimento das atividades e por aceitarem esse desafio.

À Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ), na pessoa de seus gestores, pelo apoio e incentivo.

Aos colegas e professores da UNICRUZ, pelo incentivo, pelo carinho e pelos exemplos.

À Universidade Federal de Santa Maria, seus gestores, funcionários, professores e colegas, pela oportunidade da realização do curso de doutorado e pelas experiências compartilhadas.

“Nenhum vento ajuda a quem não sabe
a que porto deverá velejar.”
(Montaigne)

RESUMO

CARACTERES HUMANOS UTILIZADOS NO ENSINO DOS PADRÕES DE HERANÇA MENDELIANOS

AUTOR: Cléia Rosani Baiotto
ORIENTADOR: Élgion Lúcio Da Silva Loreto

O estudo de Genética Humana nas escolas é bastante recente, e a utilização dos caracteres humanos hereditários no ensino de padrões de herança tem sido vista como uma forma de introduzir o cotidiano nos processos de aprendizagem, aproximando o conteúdo formal e científico do conhecimento trazido pelo aluno, de modo a tornar o conteúdo escolar interessante e significativo. Com o propósito de avaliar a utilização de caracteres humanos como forma de contextualizar o ensino dos padrões de herança mendeliana no Ensino Médio, quatro pontos estratégicos foram delineados: 1. Como os livros didáticos apresentam os caracteres humanos herdados? 2. Como os professores veem a utilização dos caracteres humanos herdados no ensino de genética? 3. Como esses caracteres se apresentam em termos de frequência e de modo de herança? 4. De que forma se pode utilizar os caracteres humanos, de modo a favorecer a aprendizagem, sem comprometer o caráter científico do ensino? Uma avaliação dos oito livros de Biologia disponibilizados aos professores e alunos da rede pública pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), de 2012, permitiu identificar a frequência de utilização dos caracteres humanos e levantar os equívocos relacionados, que foram categorizados em erros conceituais, desvios em relação à descrição, simplificações e descrição apropriada. Entrevistas semiestruturadas permitiram a avaliação das concepções dos professores quanto à utilização dos caracteres humanos no ensino da genética, suas vantagens, seus contrapontos e exemplos mais utilizados. Os caracteres mais citados nos livros didáticos e mais facilmente observáveis nos indivíduos foram inseridos em um formulário para investigação de frequência que utilizou um *software*, disponibilizado de modo *on-line*. A amostra contou com 3.150 indivíduos (alunos dos Ensinos Médio e Superior), que acessaram e responderam ao questionário. Uma estratégia de aprendizagem que utiliza essa forma de investigação e a análise de gráficos do *software* foi construída de forma colaborativa com os professores de Biologia da rede pública, a partir de um momento de reflexão e capacitação proporcionado por este trabalho. A estratégia de aprendizagem foi aplicada em 2016 pelos professores que participaram da capacitação a todos os alunos na introdução do conteúdo de genética, considerando que possibilita a construção de conceitos relativos aos padrões de herança, utilizando exemplos de caracteres humanos e minimizando as inconsistências constatadas. Um formulário de avaliação validado que utiliza a escala de Likert permitiu verificar o engajamento dos alunos em relação às estratégias de aprendizagem em duas turmas de alunos de terceiro ano. Dessa forma, identificou o alfa de Crombach ($\alpha = 0,858$), demonstrando uma homogeneidade do grupo com relação à validade da proposta desenvolvida.

Palavras-chave: Herança Monogênica. Traços Humanos. Investigação. Aprendizagem. Genética.

ABSTRACT

HUMAN CHARACTERS USED IN THE TEACHING OF MENDELIAN PATTERNS OF HERITAGE

AUTOR: Cléia Rosani Baiotto

ORIENTADOR: Élgion Lúcio Da Silva Loreto

The study of Human Genetics in schools is quite recent and the use of hereditary human characters in the teaching of inheritance patterns has been seen as a way of introducing the daily in the learning processes, approaching the formal and scientific content of the knowledge brought by the student, in order to make the school content interesting and meaningful. With the purpose of evaluating the use of human characters as a way to contextualize the teaching of Mendelian heritage patterns in High School, four strategic points were outlined: 1. How did the textbooks present the inherited human characters? 2. How do teachers see the use of human characters inherited in genetics teaching? 3. How do these characters appear in terms of frequency and mode of inheritance? 4. How can human characters be used in a way that promotes learning without compromising the scientific character of teaching? An evaluation of the eight Biology books made available to teachers and students of the public network by the 2012 National High School Textbook Program (PNLEM) allowed us to identify the frequency of use of human characters and to raise related misunderstandings that were categorized in conceptual errors, deviations from description, simplifications and appropriate description. Interviews allowed the evaluation of the teachers' conceptions regarding the use of human characters in teaching genetics, their advantages, their counterparts and examples most used. The most cited characters in textbooks and more easily observed in individuals were entered into a form for frequency investigation using software, made available online. The sample consisted of 3,150 individuals (high school and university students), who accessed and answered the questionnaire. A learning strategy that uses this form of research and the analysis of software graphs was constructed in a collaborative way with the Biology teachers of the public network, from a moment of reflection and training provided by this work. The learning strategy was applied in 2016 by teachers who participated in the training of all students in the introduction of genetic content, considering that it allows the construction of concepts related to inheritance patterns, using examples of human characters and minimizing the inconsistencies found. A validated assessment form that uses the Likert scale allowed students to check their engagement with learning strategies in two classes of high school seniors. In this way, Crombach's alpha ($\alpha = 0.858$) was identified, demonstrating a homogeneity of the group with respect to the validity of the developed proposal.

Keywords: Monogenic inheritance. Human Traits. Investigation. Learning. Genetics.

LISTA DE FIGURAS

Tese

Figura 1 – Fluxograma do percurso metodológico seguido no desenvolvimento da proposta	44
Figura 2 – Resultados coleta de dados piloto (flexiona ou não o polegar) (esquerda).....	115
Figura 3 – Resultados da investigação com escala de flexão do dedo polegar (direita)	115
Figura 4 – Esquema sugerindo que a percepção da transmissão de um fenótipo possa ser abordada em duas etapas: 1. transmissão do material genético; 2. ação e controle da expressão do gene.....	152
Figura 5 – Mapa conceitual com identificação dos principais padrões de herança dos caracteres herdados.....	153

Manuscrito 1

Figura 1 – Número de citações de caracteres autossômicos monogênicos	54
Figura 2 – Número de livros que citam determinado exemplo de caráter humano.....	54
Figura 3. Número de citações de caracteres em relação à inserção no texto ou exercícios.....	55

Manuscrito 2

Figura 1 – Utilização do livro didático pelos professores no ensino de Biologia	73
Figura 2 – Nível de confiabilidade no livro didático.....	74
Figura 3 – Nível de desconfiança em relação ao livro didático.....	74
Figura 4 – Na dúvida, onde buscar informações	75
Figura 5 – Utilização de caracteres humanos na contextualização de herança monogênica....	76
Figura 6 – Motivos que levam a utilizar os caracteres humanos na contextualização	76
Figura 7 – Frequência de caracteres humanos herdados atribuídos à herança monogênica na percepção dos professores do Ensino Médio.....	77

Artigo 1

Figura 1 – Vantagens e riscos de diferentes exemplos comumente utilizados no ensino das leis de Mendel	87
Figura 2 – Como são descritas algumas características humanas nos livros didáticos do PNL D 2012	88
Figura 3 – Sugestão de abordagem de exemplos de características humanas, primeiramente apresentando-as como herança mendeliana simples e depois avançando para os padrões complexos de herança (simplificação)	89
Figura 4 – Abordagem que respeita a sequência histórica e a necessidade de exemplos conceitualmente corretos	90

Manuscrito 3

Figura 1 – Forma do polegar e suas variações.....	99
Figura 2 – Forma do lóbulo da orelha e suas variações	99
Figura 3 – Maior habilidade no lado direito ou esquerdo.....	102
Figura 4 – Modo de posicionar o polegar ao cruzar as mãos (qual fica na face superior)	102
Figura 5 – Modo de posicionar o braço ao cruzar os braços (qual fica na face superior)	102
Figura 6 – Capacidade de enrolar a língua	103
Figura 7 – Forma de implantação dos cabelos	103
Figura 8 – Forma de dobrar o polegar	104
Figura 9 – Modo de aderência do lóbulo da orelha	104

Manuscrito 4

Figura 1 – Forma do lóbulo de orelha e suas variações	128
Figura 2 – Forma do polegar e suas variações	128
Figura 3 – Etapas desenvolvidas na atividade proposta.....	129
Figura 4 – Frequência de indivíduos com relação à capacidade de enrolar a língua.....	132
Figura 5 – Frequência de indivíduos com relação à forma de dobrar o polegar.....	132
Figura 6 – Frequência e desvio padrão das questões avaliadas com relação aos itens da escala de Likert.....	134
Figura 7 – Frequência com relação às questões que descrevem o domínio do valor da atividade.....	134
Figura 8 – Frequência com relação às questões que descrevem o domínio professor.....	135
Figura 9 – Frequência com relação às questões que descrevem o domínio e o esforço pessoal do aluno.....	135

LISTA DE QUADROS

Tese

Quadro 1 – Categorias de análise das concepções de contextualização do ensino, contextos de significação e de ocorrência dessas concepções.....	29
Quadro 2 – Etapas delineadas para o percurso metodológico.....	42
Quadro 3 – Etapas da formação de professores em Genética.....	111
Quadro 4 – Questionamentos para discussão em grupo – Seminário.....	113
Quadro 5 – Comparação do padrão de herança de alguns caracteres humanos herdados com referenciais da área.....	115
Quadro 6 – Atividades desenvolvidas concomitantes ao desenvolvimento da proposta e que contribuem de certa forma nos resultados obtidos.....	144

Manuscrito 1

Lista de livros – Guia de livros didáticos: PLND2012: Biologia/Ciências da Natureza e suas Tecnologias.....	66
---	----

Manuscrito 3

Quadro 1 – Comparação do padrão de herança de alguns caracteres humanos herdados com referenciais da área.....	104
--	-----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CNE	Conselho Nacional de Educação
CRE	Coordenadoria Regional de Educação
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
MEC	Ministério da Educação e Cultura
NAEB	Núcleo de Apoio ao Ensino de Biologia
NCBI	<i>National Center for Biotechnology Information</i>
OMIM	<i>Online Mendelian Inheritance in Man</i>
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PHP	<i>Hypertext PreProcessor (Personal Home Page)</i>
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
PNLEM	Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 DE QUE FORMA A UTILIZAÇÃO DE CARACTERES HUMANOS NA CONTEXTUALIZAÇÃO DOS PADRÕES DE HERANÇA IMPACTA O ENSINO DE GENÉTICA MENDELIANA?	15
1.2 OBJETIVO GERAL	15
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	17
2.1 GENÉTICA E HEREDITARIEDADE.....	17
2.2 ENSINO DE GENÉTICA.....	21
2.3 CONTEXTUALIZAÇÃO NECESSÁRIA	28
2.4 LIVRO DIDÁTICO E SUAS IMPLICAÇÕES NO ENSINO DE GENÉTICA.....	32
2.5 FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES.....	35
3 DESENVOLVIMENTO.....	42
3.1 PERCURSO METODOLÓGICO.....	42
3.2 UTILIZAÇÃO DE CARACTERES HUMANOS NO ENSINO DE GENÉTICA EM LIVROS DIDÁTICOS.....	45
3.2.1 Manuscrito 1	46
3.3 ENSINAR PADRÕES DE HERANÇA MENDELIANOS UTILIZANDO CARACTERES HUMANOS – PERCEPÇÃO DOS PROFESSORES	67
3.3.1 Manuscrito 2.....	67
3.4 PARA ENSINAR GENÉTICA MENDELIANA: ERVILHAS OU LÓBULOS DE ORELHAS?	85
3.4.1 Artigo 1 – “Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelhas?”	85
3.5 PREVALÊNCIA DE CARACTERÍSTICAS HUMANAS UTILIZADAS NA CONTEXTUALIZAÇÃO DE HERANÇA MENDELIANA NO ENSINO DE GENÉTICA	94
3.5.1 Manuscrito III – “Prevalência de características humanas utilizadas na contextualização de herança mendeliana no ensino de genética”.....	94
3.6 UTILIZAÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA DE APRENDIZAGEM ATIVA PARA MINIMIZAR OS PROBLEMAS ASSOCIADOS À CONTEXTUALIZAÇÃO DE PADRÕES DE HERANÇA MENDELIANOS COM CARACTERES HUMANOS	110
3.6.1 Elaboração de uma proposta colaborativa de utilização dos caracteres humanos no ensino de padrões de herança Mendelianos.....	110
3.6.1.1 Desenvolvimento/operacionalização	110
3.6.1.1.1 Curso de formação – público-alvo e organização.....	110
3.6.1.1.2 Etapas e abordagem metodológica.....	111
3.6.1.1.3 Atividades desenvolvidas.....	113

3.6.1.1.4 Proposta conjunta com o grupo de professores de utilização dos caracteres humanos no ensino dos padrões de herança mendelianos.....	117
3.6.2 Necessidade de informações atualizadas	119
3.6.3 Perspectivas de outros materiais e atividades que podem ser utilizados no ensino dos padrões de herança	119
3.6.4 Resultados.....	121
3.6.5 Manuscrito IV – “Software alia investigação e construção de conceitos para minimizar as dificuldades de utilização de caracteres humanos na contextualização de padrões de herança mendelianos”.....	122
3.6.6 Outras atividades que merecem destaque	144
4 DISCUSSÃO.....	145
4.1 DIFICULDADES NO ENSINO DE GENÉTICA E NECESSIDADE DE CONTEXTUALIZAÇÃO.....	146
4.2 EQUÍVOCOS RELACIONADOS AOS EXEMPLOS CARACTERIZADOS DE MODO INCORRETO E CONSEQUÊNCIAS ASSOCIADAS.....	149
4.3 ALTERNATIVAS PARA UTILIZAR OS CARACTERES HUMANOS HERDADOS SEM CAUSAR OS EQUÍVOCOS IDENTIFICADOS	155
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	161
REFERÊNCIAS.....	163
APÊNDICE A – AUTORIZAÇÃO DA 9ª COORDENADORIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO.....	175
APÊNDICE B – PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.....	176
APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PILOTO)	179
APÊNDICE D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (SOFTWARE).....	180
APÊNDICE E - FICHA DE ENTREVISTA PARA COLETA DE DADOS DOS PROFESSORES.....	181
APÊNDICE F – CARTA DE APRESENTAÇÃO NA ESCOLA	182
APÊNDICE G – SOLICITAÇÃO A 9ª COORDENADORIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO DE LIBERAÇÃO DOS PROFESSORES PARA CURSO DE FORMAÇÃO.....	183
APÊNDICE H – FICHA DE AVALIAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE APRENDIZAGEM	184
APÊNDICE I – RESUMO EXPANDIDO APRESENTADO NO EVENTO SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UNIVERSIDADE DE CRUZ ALTA.....	185
APÊNDICE J – OFICINA GENÉTICA NA PRAÇA (CBG).....	189
APÊNDICE K – PÔSTER CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA.....	190

APÊNDICE L – PÔSTER PROFESSORES I EREC	191
APÊNDICE M – ARTIGO “MUTAÇÕES E CÂNCER (RGE)	192

1 INTRODUÇÃO

A Genética e todas as suas possibilidades apresentadas à pesquisadora durante sua formação básica no Ensino Médio foram determinantes na escolha da graduação (Ciências Biológicas) cursada e, mais tarde, na proposta de mestrado desenvolvida (Genética e Biologia Molecular/UFRGS), que também direcionaram para o doutorado em Educação em Ciências com foco no ensino de Genética.

Nas questões profissionais não foi diferente. A atuação como professora de Biologia da rede básica foi dedicada de forma mais intensa ao ensino da Genética. No Ensino Superior, nos muitos anos de experiência em cursos da saúde, desenvolveu programas de apoio ao ensino de Biologia, com assessoria aos professores da rede básica de ensino, proporcionando cursos e atividades didáticas que pudessem favorecer o processo de aprendizagem, principalmente nas áreas de Genética e Biologia Molecular. Diferentes jogos e atividades didáticas foram desenvolvidos e trabalhados com acadêmicos, testados com alunos da rede básica através no Núcleo de Apoio ao Ensino de Biologia (NAEB) do curso de Ciências Biológicas, da Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ). Os acadêmicos, através de disciplinas de Instrumentação ao Ensino de Biologia, foram estimulados a desenvolver materiais, recursos e/ou atividades que estimulassem e favorecessem o ensino de Genética.

Esse longo percurso profissional levou à identificação de dificuldades associadas ao ensino dessa disciplina, relativas ao professor e aos alunos na compreensão desses temas. No contexto particular do ensino de Genética, uma abordagem fragmentada dos padrões de herança dificultava o entendimento da transmissão dos caracteres, tendo em vista que os livros didáticos dividem a herança em mendeliana e não mendeliana. No intuito de facilitar essa compreensão, integrar e, ao mesmo tempo, desenvolver conceitos relativos à herança Genética, sugeriu-se um mapa conceitual que foi apresentado aos professores no Seminário Internacional de Educação do Mercosul, promovido pela Universidade de Cruz Alta (BAIOTTO, 2013).

Nesse sentido, a Genética, mais especificamente a Genética Humana, sempre foi objeto de interesse pessoal, além disso, segundo as observações da autora, ao ministrar a disciplina de Genética, provoca um grande interesse também entre os alunos. A curiosidade relativa à herança de caracteres pessoais intriga, resgata algumas questões culturais e desperta o interesse demonstrado através dos intermináveis questionamentos sobre como essas características se comportam nos familiares e qual a perspectiva de serem encontradas em seus descendentes.

Do mesmo modo que alguns desses caracteres encantam e fazem brilhar os olhos dos alunos nas aulas de Genética, eles têm o potencial de gerar problemas associados a questões de familiaridade, grau de parentesco, entre outros, e assim levar a Genética do encanto à desconfiança (inconformidade familiar, tais como pais de olhos verdes não podem ter filhos de olhos castanhos, ou que um indivíduo destro não pode ter pais canhotos), com implicações científicas e culturais, reduzindo o interesse e ampliando as dificuldades de aprendizagem, tendo em vista os conflitos citados.

A identificação de características simples, descritas nos livros em fotos, nos textos e em outros tipos de registros e observáveis em si próprios, constitui interessantes estratégias de ensino responsáveis pelas inconformidades citadas. Cabe destacar que isso geralmente acontece em razão do excesso de simplificações utilizado pelos autores, por erros conceituais e demais desvios ou equívocos relativos ao padrão de herança desses caracteres (na maioria atribuída à herança monogênica, quando exibem padrão de poligenes). Ainda, devido a problemas gerados pela transposição didática inadequada pelos autores para o livro didático e pelos professores para o saber a ser construído.

Descobertas na área do genoma humano (identificação dos genes, localização e funções) reforçam essas inconsistências na categorização e, principalmente, no que se refere aos exemplos utilizados para contextualizar os padrões de herança. Essas questões se devem, sobretudo, ao distanciamento entre a pesquisa e os meios de divulgação, notoriamente, em se tratando de material didático. A velocidade de informações geradas na área da Genética Molecular é consideravelmente superior à velocidade de atualização dos materiais didáticos. Loreto e Sepel (2003) complementam que a identificação correta desses questionamentos pode contribuir na redução do tempo entre a produção do conhecimento e a atualização nos materiais didáticos, um dos problemas no ensino de Biologia.

Uma avaliação preliminar realizada pela autora do projeto em livros de Biologia, utilizados pelos professores nas escolas de abrangência da 9ª Coordenadoria Regional de Educação (CRE), apontou inconsistências nos exemplos utilizados para a abordagem dos padrões de herança. Cabe salientar que, no Brasil, a Resolução n. 38/2004 do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) criou o Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM), que possibilita a distribuição de livros didáticos para os alunos do Ensino Médio público de todo o país (EL-HANI, ROQUE; ROCHA, 2011), entre eles o livro didático de Biologia. Da mesma forma, uma revisão sistemática no Catálogo de Genes Humanos e Doenças Genéticas (OMIM, 2017) permite esclarecer poucas dessas inconsistências, visto a falta de estudos na área.

Os escassos referenciais para essas questões e as inconsistências observadas nos livros didáticos, somados aos prejuízos sociais que um ensino contextualizado de forma inadequada, fragmentado e fundamentado em equívocos ou erros conceituais pode causar nos estudantes, justificam a proposta apresentada a seguir e levam ao problema desta pesquisa, destacado na sequência.

1.1 DE QUE FORMA A UTILIZAÇÃO DE CARACTERES HUMANOS NA CONTEXTUALIZAÇÃO DOS PADRÕES DE HERANÇA IMPACTA O ENSINO DE GENÉTICA MENDELIANA?

Entende-se que a solução desse questionamento passa: pela identificação da utilização de caracteres humanos em livros didáticos para contextualizar padrões de herança; pela percepção dos professores que trabalham com essa temática; pela avaliação de como se segregam esses padrões na população com base em referenciais bibliográficos; pelos processos de atualização para o entendimento desses padrões de herança; pela discussão dos problemas gerados pelas concepções erradas que geram maior ou menor gosto pela disciplina, bem como situações de desconfiança e descrédito nas informações trabalhadas; enfim, pela proposição de estratégia de ensino que possibilite minimizar as dificuldades identificadas.

Para tanto, estabeleceram-se os objetivos destacados a seguir.

1.2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a adequação científica da utilização de caracteres humanos como forma de contextualizar a herança mendeliana no ensino de genética.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapear os caracteres humanos mais utilizados como exemplos de padrões de herança, nos livros didáticos referências para o Ensino Médio em Biologia (PNLEM).
- Conhecer as concepções dos professores a respeito da utilização dos caracteres humanos como forma de contextualização no ensino dos padrões de herança e as dificuldades associadas.

- Analisar criticamente o potencial de uso desses exemplos como estratégia didática e identificar os riscos dessa utilização.
- Identificar a frequência de características humanas utilizadas como principais exemplos de padrões de herança nos livros didáticos.
- Desenvolver uma estratégia de aprendizagem que favoreça a utilização de caracteres humanos no ensino dos padrões de herança em genética.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 GENÉTICA E HEREDITARIEDADE

Identificar os mecanismos responsáveis pela herança dos caracteres humanos tem instigado exaustivas pesquisas em todo o mundo, ao longo dos tempos. Observações relativas à semelhança entre indivíduos e que características são transmitidas dentro de uma mesma família fazem parte de um conhecimento popular e transmitido de geração para geração, vão desde impressões maternas a folclóricas e religiosas. “Durante séculos, teorias populares deram cor às suas interpretações a respeito de como herdamos nossas diferentes características” (KEAN, 2013). Curiosidades a respeito da herança genética também são objeto de pauta de noticiários, programas de televisão, livros das mais diferentes áreas, *sites* e todos os demais meios de comunicação.

No entanto, apenas 150 anos nos separam de simples questionamentos e especulações de uma verdadeira revolução em termos de pesquisa, experimentação e formulação de princípios que nortearam os caminhos da Genética. Contribuições significativas e determinantes para o estabelecimento das formas de transmissão das características herdadas foram realizadas por pesquisadores em plantas e drosófilas. Nesse percurso, destaca-se Gregor Mendel, em seus experimentos com hibridização em ervilhas, que identificou elementos biológicos transmitidos de forma haploide, particulados, vistos como determinantes hereditários distintos hoje chamados genes. Explicou de forma clara a construção e o comportamento de seus híbridos e sugeriu as regras de herança que demonstraram ser aplicadas em, virtualmente, todos os organismos eucarióticos (REID; ROSS, 2011).

A escolha de traços adequados para estudo, contrastantes, oriundos de linhagens puras e com comportamento dominante ou recessivo, permitiu o acompanhamento ao longo das gerações em uma sequência de cruzamentos controlados, nos quais observou que essas partículas, em pares no indivíduo, se separavam durante a formação dos gametas, estabelecendo a “Lei da Segregação”. Utilizando caracteres diferentes, Mendel observou proporções específicas na segunda geração, deduzindo que os diferentes pares de determinantes estudados se comportavam independentemente na formação de gametas, de modo que estabeleceu a “Lei da Segregação Independente” (BROWN, 1999).

Com proporções matemáticas extremamente precisas e repetidas na prole, Mendel atribuiu para a Genética um caráter científico e experimental. Conceitos de Genética clássica utilizam as sete características determinadas por Mendel, ainda hoje, nas escolas.

Recentemente, com o propósito de avaliar em nível molecular essas características, Reid e Ross (2011) sequenciaram quatro genes (cor da flor, comprimento da haste, cor dos cotilédones e forma da semente) de ervilhas (*Pisum sativum L.*). A avaliação molecular permitiu identificar mutações de substituições de nucleotídeos e alterações para sítios de *splice*. Com base nas variedades disponíveis na Europa, na década de 1850, é possível especular com relação à natureza das mutações da variedade de ervilha utilizada por Mendel, demonstrando que a associação da biologia molecular com a Genética clássica pode reduzir as especulações quanto à precisão dos resultados de Mendel.

Paralelamente aos trabalhos de Mendel, Miescher identificou a presença de material genético em células brancas do sangue e, mais tarde, em espermatozoides, o qual denominou de nucleína. Sua proposição de que esse material era responsável pela hereditariedade foi aceita mais tarde, fortalecida pela associação com as descobertas da transmissão dos cromossomos (KEAN, 2013).

O desenvolvimento da Genética como ciência se deu a partir dos artigos que escreveram a redescoberta das Leis de Mendel, em 1900, por Hugo de Vries, Karl Correns e Erich Tshermak; já a proposição do termo “genética” para esse novo campo da ciência se deu em 1906, por William Bateson (REID; ROSS, 2011).

Morgan e colaboradores, pouco tempo depois, ao encontrarem proporções diferentes das de Mendel em cruzamentos diíbridos, conseguiram estabelecer frequências de recombinação atreladas às distâncias entre os genes localizados em um mesmo cromossomo. Reforçaram a ideia da herança em pares ao identificar em seus experimentos com drosófilas que os genes se segregavam do mesmo modo dos cromossomos sexuais, sugerindo que os genes se encontravam nos cromossomos, determinando, assim, a “Teoria Cromossômica da Herança”. Publicaram, em 1915, a obra *The mechanism of Mendelian heredity*, e mais tarde demonstraram que é possível mapear (ordenar) esses genes nos cromossomos (ARAÚJO; MARTINS, 2008).

Na sequência, o século XX assistiu a um crescimento vertiginoso da Genética. A demonstração de que as observações de Mendel eram aplicáveis a outros organismos, o estudo dos cromossomos e sua capacidade de se distribuir nas células-filhas durante a divisão celular, a identificação da estrutura do DNA (substituindo o termo “nucleína”) e todos os processos atrelados à expressão e transmissão das características armazenadas no DNA e as diferentes tecnologias geradas por esse conhecimento determinaram um salto (especulativo a científico) no conhecimento a respeito da herança genética (KEAN, 2013).

A confirmação das Leis de Mendel reativou o interesse e delineou uma nova perspectiva para os estudos de Genética Humana. Entretanto, diferentes trabalhos podem ser destacados em período anterior a Mendel, de configuração mais empírica e observacional, mas que contribuíram significativamente no desenvolvimento dessa área da Genética. A utilização de heredogramas de várias gerações familiares ou grande número de pequenos heredogramas que apresentavam a mesma condição estimulou os estudos com relação à herança dos caracteres humanos, inferindo um padrão de herança mendeliano a características fenotípicas presentes nessas gerações. Em 1644, Keneln Digby descreveu cinco gerações de uma família com indivíduos afetados pela polidactilia. Um século depois, Pierre de Maupertuis estudou detalhadamente e descreveu a polidactilia como um padrão de herança humano em quatro gerações. Ao comparar com heredogramas de famílias com albinismo, inferiu que essas características apresentavam padrões de herança distintos (PASTERNAK, 2007).

Pequenas e importantes contribuições no sentido de identificar a herança dos caracteres humanos se somaram aos conhecimentos dos padrões de herança mendelianos e determinaram a organização por McKusick de um catálogo para registro de genes associados a condições herdadas – *Mendelian Inheritance in Man* (MIM), hoje na versão *on-line*, *Online Mendelian Inheritance in Man* (OMIM) –, mas que até 1990 tinha o registro de 5.500 genes (PASTERNAK, 2007). Joseph Adams, em seu livro publicado em 1871, *A treatise on the supposed hereditary properties of diseases*, identificou os mecanismos de herança de algumas doenças e classificou-as de acordo com esses mecanismos, servindo de base para o aconselhamento genético na época. Estabeleceu algumas distinções entre característica familiar e hereditária e as primeiras distinções entre traços que hoje chamamos de autossômicos dominantes e recessivos (EMERY, 1989). Esses dois trabalhos contribuíram significativamente para os estudos em genética humana e médica.

Como todo conhecimento científico, quando culturalmente aceito, pode gerar extremismos, como os que ocorreram na primeira metade do século XX, em que praticamente todos os caracteres humanos foram atribuídos unicamente aos padrões de herança mendelianos. Inúmeras descobertas posteriores contribuíram para esclarecer ou mesmo entender como as características eram transmitidas aos descendentes e, principalmente, como se expressavam, da identificação dos genes (Johansen), da existência de rotas metabólicas (Garod), da determinação da estrutura da molécula de DNA (Watson e Crick) ao lançamento do Projeto Genoma Humano em 1990 (PASTERNAK, 2007).

Com o desenvolvimento do projeto Genoma, muitas questões foram esclarecidas, mas, ao mesmo tempo, inúmeras outras demandas surgiram diante das inovações tecnológicas propiciadas pelo sequenciamento do DNA. Desse modo, características que eram julgadas como simples, determinadas por um par de genes, hoje são vistas como herança complexa. Nesse sentido, Dougherty (2009) destaca que não basta mais dominar apenas problemas matemáticos, é necessário entender as características, como se herdamos, como se manifestam e todas as questões que de alguma forma interferem em sua expressão. Do mesmo modo, complementa que a interação entre genótipo e fenótipo não é simples e que fatores ambientais, desenvolvimentais e todas as formas de interação entre os genes interferem com maior ou menor intensidade na expressão da maioria das características herdadas.

Ressalvas como essas são importantes no sentido de não tratar das características humanas como unicamente monogênicas (necessidade de reduzir a visão determinista do quadrado de Punnett) e reduzir um pouco a utilização de problemas. É necessário considerar a herança poligênica e todas as suas interações, bem como a influência de outros fatores para que o aluno possa melhor compreender a herança das características humanas.

A identificação da estrutura do DNA e dos processos que envolvem a expressão das informações genéticas também contribuiu significativamente para conhecer melhor os genes responsáveis pelos distúrbios genéticos humanos e todos os processos associados à expressão desses genes. Assim, o catálogo *Online Mendelian Inheritance in Man* (OMIM, 2017), hoje com mais de 15.000 verbetes, onde se depositam as informações atualizadas periodicamente para os caracteres humanos, está acessível *on-line*, sendo que seu desenvolvimento e manutenção é responsabilidade do Centro Nacional de Informações sobre Biotecnologia (NCBI) dos Estados Unidos.

Consequentemente, a Genética passa a constituir a base para o desenvolvimento de tecnologias baseadas em DNA com crescente aplicação em distintas áreas. Na agropecuária, destaca-se a passagem do melhoramento genético clássico ao uso de organismos transgênicos; na saúde, as aplicações dos conhecimentos de Genética estão presentes do diagnóstico de doenças à produção de fármacos e, no sistema judiciário, da identificação de indivíduos à determinação de paternidade.

Os frutos das pesquisas em Genética estão inseridos na vida de qualquer cidadão através de produtos e serviços utilizados no dia a dia e amplamente divulgados na mídia. Cabe à escola, com o ensino de Genética e demais ciências, apresentar os subsídios mínimos para que os alunos possam compreender e interpretar de modo crítico as informações que têm

vínculo com as tecnologias que fazem parte do cotidiano e, da mesma forma, subsidiam o desenvolvimento de novos produtos e serviços.

2.2 ENSINO DE GENÉTICA

A Genética enquanto ciência tem o papel de auxiliar a explicar tanto as qualidades como as limitações do saber científico válido, considerando o conhecimento científico consensual como um produto do trabalho de investigação científica desempenhada pelos cientistas (ZIMAN, 1985). Enquanto disciplina, insere-se como conhecimento e ciência nas escolas de nível médio no componente curricular de Biologia, que faz parte de uma grande área que foi denominada de Ciências da Natureza (BRASIL, 2013). Compreender os mecanismos de herança e conhecer as contribuições de Mendel são questões fundamentais a serem abordadas no ensino de Biologia no Ensino Médio.

Orientações Educacionais Complementares aos *Parâmetros Curriculares Nacionais* (PCN) destacam como essenciais ao ensino de Genética: identificar, a partir de resultados de cruzamentos, os princípios básicos que regem a transmissão de características hereditárias e aplicá-los para interpretar o surgimento de determinadas características; utilizar noções de probabilidade para prever resultados de cruzamentos, para resolver problemas, envolvendo características diversas; analisar textos históricos para identificar concepções pré-mendelianas sobre a hereditariedade; identificar e utilizar os códigos usados para representar as características genéticas em estudo; construir heredogramas a partir de dados levantados pelos alunos (com familiares ou conhecidos) sobre a transmissão de certas características hereditárias e mais toda a Genética Humana (unidade temática – transmissão da vida, ética e manipulação genética) (BRASIL, 2004).

De acordo Goldbach e colaboradores (2009), uma produção significativa e diversificada foi identificada entre os 52 títulos de dissertações e teses que envolvem a temática “Genética e afim”, desenvolvidos em duas décadas (1987 a 2008), que foram agrupados em: 1. na perspectiva do entendimento da fragmentação da temática e de buscas para superação, 2. na perspectiva de contextualização e 3. na perspectiva de atualização. Uma maior concentração de trabalhos foi encontrada na perspectiva da fragmentação e de propostas de reduzir essas questões no sentido de favorecer o ensino da Genética. Grupos focais de estudo com essas temáticas foram organizados, e a abordagem não foi diferente, complementada apenas pelos professores envolvidos da necessidade de se fazer uma revisão sobre os conteúdos significativos e essenciais em Genética.

Nesse contexto, Franzolin (2012), em entrevista com 196 professores da rede básica e do Ensino Superior em São Paulo, com relação aos conhecimentos básicos de Genética, identificou os padrões de herança (100%), principalmente as Leis de Mendel (83,3%), entre os conteúdos mencionados como preponderantemente básicos no ensino de Genética. A herança de características humanas (Genética Humana) foi também muito citada como conhecimento básico, com 41,7% das citações. Dados coletados na região de Kalamazoo (EUA), dentro da mesma proposta, indicaram os Padrões de Herança (83,3%), Leis de Mendel (58,3%) e a Genética Humana (33,3%). Esses índices elevados são relacionados pelos professores ao significado, ou seja, a importância desses conteúdos para o cotidiano e para a compreensão da herança de suas próprias características.

Mesmo presente na mídia e inserida nas falas corriqueiras da população, a Genética é apontada como um dos componentes curriculares no qual se concentram as maiores dificuldades no ensino de Biologia. Diferentes autores têm relatado as dificuldades observadas com ênfase ao campo da Genética. Entre elas, destacam-se: a falta de contextualização e excesso de memorização (SOARES; PINTO; ROCHA, 2005); concepções errôneas sob o ponto de vista científico (PAIVA; MARTINS, 2005); compreensão inadequada da terminologia (SCHEID; FERRARI, 2006); distanciamento entre a produção do conhecimento e a atualização dos materiais didáticos (LORETO; SEPEL, 2003) e outras destacadas em Giacóia (2006), Dias (2008), Infante-Malacchias *et al.* (2010), Tsui e Treagust (2007), Gericke (2009), Cimer (2012) e Smith e Knigth (2012).

Primon (2005) aponta que os estudantes apresentam concepções que diferem das que são aceitas cientificamente e que isso se torna um obstáculo para a aprendizagem. Assim, não conseguem reconhecer a relação entre os diferentes conceitos, como meiose e primeira Lei de Mendel. A autora constatou que até mesmo formandos de Biologia têm dificuldade em entender conceitos básicos de Genética, como: mutação, variabilidade genética, conceito e localização do DNA, assim como relação entre sequência do DNA e de aminoácidos. Infante-Malacchias *et al.* (2010) seguem na mesma perspectiva quando afirmam que o problema decorre das concepções alternativas dos alunos que se confrontam com as visões apresentadas pelos professores, além de serem reconhecidos como um dos conteúdos mais abstratos para se ensinar.

Concepções alternativas para células, cromossomos, genes, DNA e hereditariedade foram avaliados por Cirne (2013) em alunos do Ensino Fundamental. Ele constatou que o conhecimento sobre o material genético presente nos cromossomos constituem as maiores lacunas entre os alunos avaliados. Temp e Bartholomei-Santos (2013), ao desenvolverem e

proporem um modelo didático para o ensino de genética, identificaram como principais dificuldades entre alunos do Ensino Médio aquelas relacionadas, principalmente, à identificação da estrutura cromossômica, dos genes e do DNA, estabelecendo as relações entre eles, as relações entre genótipo e fenótipo, a identificação de genealogias e cálculos de probabilidade e cariótipo. Na percepção de muitos alunos, a disciplina é lembrada como difícil, chata, detalhista, ruim e complicada. Entre outros fatores, segundo esses autores, é consenso que o aprender e ensinar Genética requerem estudo e o desenvolvimento de habilidades de associação, bem como a interpretação de textos e resolução de cálculos, sendo que essas inter-relações tornam o conteúdo mais complexo.

Isso se evidencia quando alunos de Ensino Médio não conseguem estabelecer uma relação com a presença de material genético (DNA – ácido desoxirribonucleico) em todas as células e afirmam que não comeriam alimentos que contêm DNA. Loreto e Sepel (2003), ao descreverem essa situação, enfatizam que há uma grande diferença entre ter o conhecimento (memorização) e saber aplicá-lo (aprendizagem significativa). Outra proposta, que investigou os alunos do Ensino Médio a respeito dos conceitos e fenômenos biológicos e o que pensam sobre os organismos transgênicos, permitiu identificar que os estudantes apresentam concepções alternativas e, muitas vezes, equivocadas com relação ao material genético, sua composição, organização e localização. Os autores destacam a influência da mídia e atribuem ao modo como o ensino é frequentemente organizado e desenvolvido, o fato de pouco contribuir para que o aluno desenvolva uma compreensão que se difere daquela adquirida em situações não escolares (PEDRANCINI *et al.*, 2007).

Corroborando Cantiello e Trivelato (2003) que a aprendizagem de Genética no Ensino Médio está longe de ser satisfatória, Giacóia (2006) identificou nos alunos dificuldade em trabalhar as questões que exigem estruturação da resposta, principalmente nos conteúdos conceituais. Os temas considerados mais difíceis foram: Leis de Mendel, herança, mitose e meiose e teoria cromossômica. Apresentam dificuldade em explicar o que é gene, desconhecem as Leis de Mendel, bem como mitose e meiose, teoria cromossômica e herança biológica, clonagem e transgênicos. A Genética também foi apontada por Dias (2008) como um dos conteúdos em que se observou o maior número de erros nas provas de vestibular.

Na concepção de Shaw e colaboradores (2008), a assimilação e o entendimento errado dos conceitos acontecem, sobretudo, durante o Ensino Médio. Nesse sentido, com o propósito de analisar a natureza dos equívocos e encontrar alternativas para melhorar o ensino de genética, uma parceria entre pesquisadores da Sociedade Americana de Genética Humana, da Sociedade Nacional de Genética e da Sociedade de Genética da América identificaram que a

assimilação desses equívocos ou erros conceituais resulta de uma grande quantidade de informações simultâneas e da incapacidade de raciocinar ontologicamente com relação a esses fenômenos genéticos. Embora na maioria dos ensaios analisados (2.243 textos alusivos ao Dia Nacional do DNA, de diferentes regiões dos Estados Unidos) se observasse algum conhecimento básico dos padrões de herança, em 80% deles foi constatado algum equívoco.

A natureza determinista dos genes, na qual a consideram única responsável pelo caráter, foi apontada como um dos principais equívocos entre os estudantes na escrita dos textos analisados por Shaw e colaboradores (2008). Apresentam dificuldade para perceber que muitos genes atuam de forma conjunta e que o ambiente pode interferir na expressão fenotípica final. Poucos parecem ter conhecimento sobre herança não mendeliana e poligênica, assim, o equívoco mais comum é individualizar genes como responsáveis pela maioria das características e doenças. Outra dificuldade encontrada foi a de descrever de forma correta a natureza dos padrões de herança dominante ou recessiva e, ainda, relacionar genes e alelos. Todos os estudantes descreveram apenas traços monogênicos de herança autossômica dominante simples, autossômica recessiva, ou herança ligada ao X. Percebem-se os estudantes focados, principalmente, em herança mendeliana simples, analisados através do quadrado de Punnett (SHAW *et al.*, 2008).

Infante-Malachias *et al.* (2010) encontraram resultados similares quando avaliaram estudantes ingressantes dos cursos de graduação da área da saúde (Biologia, Medicina, Odontologia, Psicologia, Nutrição e Fonoaudiologia) no Brasil. Com relação ao nível de compreensão de Genética Básica, os acadêmicos participantes da pesquisa não foram capazes de responder 30% das questões, e quando o fizeram, demonstraram conhecimento distorcido acerca da Genética, dos seus conceitos e, especialmente, das interações entre eles (processos de divisão celular e herança genética).

Saka e colaboradores (2006) demonstraram claramente que os futuros professores possuem entendimentos inadequados da relação entre alguns conceitos genéticos básicos, como os relativos à herança mendeliana e termos como mitose/meiose e cromossomos homólogos. Altunoolu e Seker (2015) encontraram resultados similares na Turquia ao avaliarem 196 professores recém-formados através de uma abordagem de conceitos, utilizando a escala de Likert. Esses autores destacam que os professores que deveriam ter a literacia científica para trabalhar as questões relativas aos novos conceitos em Genética são, na verdade, um dos motivos de equívocos dos estudantes. Para Santos e Martins (2009), essa compreensão inadequada pode influenciar a aprendizagem de conteúdos genéticos mais

complexos, como os conceitos e as implicações sociais de organismos geneticamente modificados.

A visão distorcida de elementos básicos de Genética pode comprometer a aprendizagem de conceitos mais complexos. Infante-Malachias *et al.* (2010) indicam a necessidade de considerar a consciência crítica de compreensão da relação entre a aquisição de conhecimentos e a organização curricular dos cursos universitários. Como não encontraram variação significativa em alunos ao final dos cursos, reforçam a necessidade de concentrar esforços nesse sentido, tendo em vista que se futuros professores, estudantes de Biologia ao final de curso, compartilham dessa visão distorcida, isso com certeza se reflete no ensino da Genética no Ensino Médio e na popularização do conhecimento científico quando nos referimos aos demais profissionais de saúde. Destacam ainda a precariedade de estudos que exploram a relação entre conhecimento prévio e mudança conceitual no nível universitário.

Nesse sentido, cabe um aparte para um registro pessoal decorrente de anos de experiência no ensino de genética, dos quais é possível destacar que o excessivo número de conceitos, o fato de serem extremamente “parecidos” e intrinsecamente relacionados, as dificuldades de interpretação e o excesso de simplificações, a visão determinista e monogênica da herança, somados a diferentes percepções sobre o que é difícil ou complexo a ser apreendido, estão entre as causas principais do insucesso em genética. Percebe-se que os alunos, ao chegarem aos cursos de graduação, “amam ou odeiam genética”. Uma reflexão sobre as limitações decorrentes da simplificação em herança monogênica realizada por Klatau-Guimarães, Paiva e Oliveira (2014) aponta que é necessário trabalhar na escola, além do componente genético, os demais fatores envolvidos na determinação de uma característica ou doença, que ampliam a variação fenotípica. Sugerem incluir a ação e o controle dos genes em seguida ao estudo da transmissão da herança genética, para que se perceba a complexidade da determinação fenotípica.

Cinco diferentes grupos de obstáculos são destacados na Noruega por Knippels (2002) que podem contribuir de forma individual ou coletiva no processo de aprendizagem em genética. São eles: 1. vocabulário e terminologia específica (confusão entre alelo e gene); 2. conteúdo matemático nas atividades das Leis de Mendel (cálculo automatizado e não relacionado com o processo meiótico e formação de gametas); 3. processos citológicos (dificuldade de compreensão dos processos de meiose e mitose interligados com a transmissão dos caracteres); 4. natureza abstrata devido à sequência no currículo (mitose e

meiose no início e leis de Mendel ao final, desvinculados); 5. a natureza complexa da Genética (conceitos pertencentes a diferentes níveis de organização biológica).

Knippels, Waarlo e Boersma (2005), ao identificarem as dificuldades conceituais relativas ao ensino de genética, organizaram-nas em dez categorias que muito se assemelham as de outros países. Duas se destacam no ensino de genética: a complexidade e o nível de abstração necessários para o entendimento da disciplina. Na prática docente, uma separação no tempo e no espaço dos tópicos de herança, reprodução e meiose parece ser responsável pela natureza abstrata do assunto. Não usar contextos de vida cotidiana ou problemas que têm relevância pessoal ou social amplia, na percepção dos autores acima citados, a abstração e determina uma perda de motivação entre os estudantes.

Com o propósito de lidar com a natureza complexa e abstrata da Genética, sugerem: 1. iniciar o conteúdo com o que os alunos estão familiarizados (o indivíduo, semelhanças e diferenças entre os traços da sua família) e, gradualmente, descer ao nível celular (referenciar consistentemente os diferentes níveis de organização); 2. estabelecer as associações entre a meiose e a herança; 3. diferenciar células somáticas de germinativas; e 4. utilizar atividades que permitam ao aluno explorar as relações entre os níveis de organização biológica em si. Complementam sugerindo que o foco não deve estar em resolver cruzamentos genéticos tradicionais, mas estabelecer relações entre reprodução, meiose e características genéticas (KNIPPELS; WAARLO; BOERSMA, 2005).

Utilizando pré e pós-testes em 751 alunos de Genética em cursos de graduação, Smith e Knigth (2012) identificaram que determinadas dificuldades conceituais são mais persistentes, difíceis de serem superadas ao longo do curso e que limitam o nível de compreensão da genética. Sugerem a utilização dessa prática para que o professor, ao tomar consciência das dificuldades conceituais de seus alunos, possa utilizar estratégias diferenciadas no sentido de superar essas dificuldades. Conceitos abrangentes, como conteúdo genético e código genético, a natureza das mutações e seus efeitos e o processo e resultados da meiose, incluindo cálculos de probabilidade, são utilizados nessa abordagem. Uma percepção destacada pelos autores e semelhante às observações pessoais com relação às dificuldades conceituais, apresentadas por alunos de graduação, está relacionada ao fato de que células diferentes em indivíduos contêm genes diferentes, como “genes para formação dos olhos apenas nos olhos”.

Os elevados níveis de abstração exigidos para a construção de conhecimento em Genética e a reduzida utilização de recursos didáticos que favoreçam essa abstração têm levado ao desinteresse e à desmotivação, dificultando a contextualização e compreensão dos

diversos conceitos em Genética (CASTELÃO; AMABIS, 2008). Embora o tema Genética seja de difícil compreensão, Malafaia, Bárbara e Rodrigues (2010) contestam essa versão, apontando que os alunos demonstram grande interesse por esse conteúdo. Essas dificuldades podem ser minimizadas quando se utilizam modelos didáticos que levam o aluno a perceber que a ciência se constitui numa construção sócio-histórico-cultural e, ao mesmo tempo, auxiliam na compreensão dos conceitos fundamentais da disciplina (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005).

Loreto e Sepel (2003) sugerem a utilização de metodologias mais ativas, em que aos alunos sejam dadas atividades experimentais, assim como sejam utilizados modelos didáticos, simulações e ferramentas computacionais da Internet. Ademais, esses autores propõem uma formação de professores no sentido de favorecer os processos de atualização. Destacam que atividades experimentais, metodologias ativas de ensino-aprendizagem são fundamentais para o sucesso do ensino, mas isso não é o suficiente, pois é importante que o conhecimento seja contextualizado. A informação precisa ter significado para a vida do aluno, por isso cabe ao professor tornar evidente onde, no cotidiano do estudante, está inserido o conteúdo estudado.

É consenso que aprender exige motivação e interesse (VIGOSTSKI, 2001), além disso, tudo aquilo que não é tomado como significativo tende a ser abandonado (LA ROSA *et al.*, 1998). Mais recentemente, os professores, estimulados pela curiosidade natural do aluno pela Genética, pelo tema estar na mídia e pelas reiteradas sinalizações dos documentos oficiais sobre a necessidade de contextualizar o ensino, começaram a ver na utilização de caracteres humanos um modo de contextualização dos padrões de herança e uma forma de motivar a aprendizagem em genética. A utilização de caracteres humanos observáveis em si, em seus familiares, ou em conhecidos, entra nesse processo como uma tentativa de um ensino mais interessante, motivador e significativo.

As mudanças tecnológicas observadas foram profundamente determinantes na mudança do perfil do aluno do Ensino Médio. Reforçaram a necessidade de se trabalhar numa nova perspectiva, no contexto da “Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente” (CTSA), um grande desafio na perspectiva dos professores (PINHEIRO *et al.*, 2007; SANTOS, 2007; SILVA, 2013). Conhecer as diferenças individuais dos estudantes, seus interesses, desafios e posicionamentos perante a Ciência e Tecnologia também contribui para um ensino mais eficiente de genética.

Nesse sentido, diferentes avaliações do interesse dos alunos do Ensino Médio em Ciência e Tecnologia já foram realizadas. Destaca-se Gouw (2013), que utilizou uma proposta desenvolvida na Noruega, relacionada à avaliação da qualidade do ensino de Ciências –

ROSE “*The Relevance of Science Education* –, para estabelecer um perfil dos jovens brasileiros em relação à ciência e tecnologia. A implementação dessa proposta em âmbito nacional demonstrou que os jovens brasileiros, de modo geral, têm grande interesse pelos temas científicos abordados na escola. Entre os temas que mais despertam interesse estão os relacionados ao corpo humano, além disso, manifestam-se positivamente em relação à importância e utilidade do ensino de ciências na escola.

Alguns questionamentos observados pela autora ao longo dos anos de experiência com a disciplina de Genética no Ensino Superior têm refletido na elaboração desta proposta e não se distanciam das dificuldades do ensino de Genética já descritas. Destaca-se a tendência a reduzir as características genéticas a um padrão monogênico de herança, que pode ser resolvido pelo quadro de Punnett. O determinismo genético, na sequência, tem sido consenso entre a maioria dos alunos que chega ao Ensino Superior, quando estes identificam que todas as características são genéticas, sem levar em conta as demais influências. Ressaltam-se, ainda, a dificuldade de compreender a presença de material genético em todas as células e em todos os organismos e a confusão gerada por associar doença genética com hereditária.

2.3 CONTEXTUALIZAÇÃO NECESSÁRIA

A contextualização é apontada como imprescindível e necessária nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, para o desenvolvimento das competências e habilidades previstas no documento.

Não é possível tratar, no Ensino Médio, de todo o conhecimento biológico ou de todo o conhecimento tecnológico a ele associado. Mais importante é tratar esses conhecimentos de forma contextualizada, revelando como e por que foram produzidos, em que época, apresentando a história da Biologia como um movimento não linear e frequentemente contraditório. Mais do que fornecer informações, é fundamental que o ensino de Biologia se volte ao desenvolvimento de competências que permitam ao aluno lidar com as informações, compreendê-las, elaborá-las, refutá-las, quando for o caso, enfim compreender o mundo e nele agir com autonomia, fazendo uso dos conhecimentos adquiridos da Biologia e da tecnologia (BRASIL, 1999, p. 19).

Um ensino descontextualizado e baseado apenas na memorização, o que determina a construção de um pseudosaber, pelo qual os alunos geralmente conhecem os termos científicos, mas confundem os seus significados, tem sido apontado como responsável pelas principais dificuldades no ensino de Genética (SOARES; PINTO; ROCHA, 2005).

A necessidade de contextualização no ensino resulta de um período no qual os conteúdos escolares eram fragmentados e isolados de seus contextos de produção científica, educacional e social. Propõe-se a situar e relacionar os conteúdos escolares a diferentes contextos de sua produção, apropriação e utilização. Desse modo, trazer o contexto de vivência dos alunos para o contexto de aprendizagem (KATO; KAWASAKI, 2011), assim como partir de diferentes situações cotidianas do aluno, identificando situações e fenômenos vivenciados, permitem a contextualização dos conceitos de modo a termos um ensino mais efetivo.

Destacada como necessária e como uma preocupação antiga no ensino por Rodrigues e Amaral (1996), a contextualização é descrita por Silva e Marcondes (2010) como o princípio norteador para uma aprendizagem mais efetiva dos conceitos científicos, embasados nos contextos social, político, econômico e ambiental e fundamentados em conhecimentos das ciências e tecnologia, contribuindo para a formação de um aluno crítico, atuante e, sempre que possível, transformador de sua realidade. Lima e colaboradores (2000) reforçam ainda que a contextualização do ensino ocorre quando são considerados os conhecimentos prévios e o cotidiano dos alunos.

Kato e Kawasaki (2011), ao avaliarem as diferentes concepções de contextualização do ensino, as agruparam em três grupos: a) relacionadas ao cotidiano do aluno; b) relacionadas à(s) disciplina(s) escolar(es); c) relacionadas a contextos histórico, social e cultural. Associaram as concepções de contextualização inseridas nos documentos curriculares oficiais, sistematizando-as em cinco categorias, conforme pode ser observado no Quadro 1, na sequência.

Quadro 1 – Categorias de análise das concepções de contextualização do ensino, contextos de significação e de ocorrência dessas concepções.

Categorias de análise	Concepções	Contexto de significação	Documentos ou professores
1. Cotidiano do aluno	Buscar relações com as experiências pessoais e sociais do aluno, a realidade do aluno e a cidadania.	Cotidiano do aluno.	DCNEM/PCNEM/ PCEB/PCNEF/ PCEC/MRCC Professores
	Buscar relações com o mundo do trabalho.	Mundo do trabalho.	DCNEM
2. Disciplina(s) escolar(es)	Buscar relações com outras disciplinas (multi, trans ou interdisciplinaridade).	Outras disciplinas escolares.	DCNEM/PCNEM/ PCNEF/PCEC/ Professores
3. Ciência	Buscar relações com a ciência	Universo da ciência.	PCNEM/PCEC

Categorias de análise	Concepções	Contexto de significação	Documentos ou professores
	enquanto produto e processo.		
	Buscar relações com as ciências naturais, em especial as ciências biológicas (as teorias evolutivas).	Teorias gerais da biologia e da ciência.	PCEC
4. Ensino	Buscar relações entre conhecimento científico e conhecimento escolar.	Conhecimento científico.	PCNEM
	Buscar problematizar e situar o conhecimento escolar em relação a outras formas de conhecimento.	Diversas formas de conhecimento em diferentes contextos.	PCNEF/PCEC/MRCC
5. Contextos histórico, social e cultural	Buscar relações com os elementos da cultura.	Culturas brasileira e mundial.	PCNEM/PCNEF/ PCEC/Professores
	Buscar relações com a história da ciência.	Contextos histórico e social.	PCNEM/PCEC Professores
	Buscar relações CTS.	Ciência, tecnologia e sociedade.	PCNEM/PCNEF/ PCEC/ Professores

Fonte: (KATO; KAWAZAKI, 2011, p. 45).

Contextualizar o ensino de Genética com a utilização de caracteres humanos está de certa forma relacionada a três grupos descritos pelos autores (cotidiano do aluno, disciplina escolar e contexto histórico, social e cultural). Entre os caracteres utilizados nesse sentido e descritos por autores como Badzinski e Hermel (2015), ao avaliarem imagens utilizadas nos livros de Biologia, e Reiss (1999), estão o modo de cruzar as mãos, a capacidade de enrolar a língua, a forma do polegar, a implantação dos cabelos na cabeça e o lóbulo da orelha.

A contextualização pedagógica do conteúdo científico pode ser vista como o papel da concretização dos conteúdos curriculares, tornando-os socialmente mais relevantes (SANTOS, 2007). Nesse caso, a utilização de caracteres humanos favorece o processo de aprendizagem, visto que utiliza questões pessoais do aprendiz e parte de um cenário de informações a respeito de herança presentes no senso comum. A existência de conceitos prévios, características observáveis em si próprios e a contextualização do tema favorecem a construção do conhecimento e permitem que a aprendizagem se torne significativa, como descrita por Moreira (2011).

Aprender Genética de forma significativa exige obrigatoriamente vontade de aprender, como proposto por Vigostki (2001), a qual está intrinsecamente ligada à motivação, curiosidade, aos interesses e à emoção. A motivação é descrita por Novak (1981 *apud* MOREIRA, 2011) quando identifica a educação como um conjunto de experiências

cognitivas, afetivas e psicomotoras que contribuem para o engrandecimento do indivíduo e, dessa forma, permite lidar com a vida diária.

A utilização de estratégias de ensino como problematizações prévias e vinculação dos conteúdos ao cotidiano dos alunos, como no caso da inclusão dos caracteres humanos herdados, contribui efetivamente no processo de construção do conhecimento. Estratégias de ensino são definidas por Moreira e Veit (2010) como a

gama de procedimentos do professor, métodos e técnicas de ensino e recursos instrucionais, selecionados e organizados harmonicamente de modo a proporcionar ao aluno experiências de aprendizagem que, potencialmente, o levarão a alcançar os objetivos propostos.

Isso garante a aprendizagem significativa. Estratégias diferenciadas de ensino demonstram que é possível estimular o questionamento e a reflexão dos alunos, favorecer a integração entre os alunos e a sistematização do conhecimento a partir de estudo de caso e, com isso, incrementar o aprendizado, transformando conteúdos extremamente teóricos em processos investigativos (BAIOTTO; DELLA MÉA, 2013).

O processo de construção concomitante da relação ensino/aprendizagem e do conhecimento culturalmente disponível, assim como o compromisso de lidar com a complexidade de situações envolvidas, é responsável por efetivar o papel transformador da educação. Nessa perspectiva, a ação docente é balizada por três grandes eixos: 1) o conhecimento que se quer tornar disponível; 2) as situações significativas envolvidas nos temas e sua relação com a realidade imediata em que o aluno está inserido e; 3) os fatores diretamente ligados à aprendizagem (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002). Nesse sentido, o professor de Genética no Ensino Médio utiliza exemplos de traços humanos de forma a garantir o interesse dos alunos e estimular a discussão referente à transmissão dos caracteres hereditários.

A inclusão de novos temas de Genética Humana no currículo e de exemplos de padrões de herança humanos para temas gerais, além de proporcionar uma melhor contextualização, resgata questões culturais atreladas à transmissão das características, despertam a curiosidade natural e desencadeiam uma maior compreensão desses temas, inserindo os alunos de forma mais efetiva no processo de aprendizagem, visto que se constituem no próprio objeto de estudo (CAMARGO; INFANTE-MALACHIAS, 2007). Isso parece ser consenso para a maioria dos autores de livros didáticos, visto que se ampliou nos últimos exemplares a utilização de exemplos de caracteres humanos. Melo e Carmo (2009)

reforçam, como um aspecto positivo, a inserção de caracteres humanos como forma de contextualização no ensino de Genética.

2.4 LIVRO DIDÁTICO E SUAS IMPLICAÇÕES NO ENSINO DE GENÉTICA

Considerado por muitos professores como a principal ou única fonte de textos utilizados em sala de aula, o livro didático assume papel relevante no ensino, tendo em vista, em muitas situações, a insegurança do professor quanto aos conceitos básicos e como são produzidos (LORETO; SEPEL, 2003; GAMBARINI; BASTOS, 2006). Maia e Vilani (2016) afirmam que quanto menor é a formação específica do professor na área, maior é sua dependência do livro didático, pois, entre outras coisas, essa ferramenta proporciona segurança e é um facilitador para atuação didática, especialmente para aqueles que ensinam em turnos e instituições diferentes.

A importância assumida pelo livro didático no ensino, como suporte no planejamento, na organização e execução das aulas, determinou, ao longo dos anos, diversas avaliações com relação à qualidade (PIMENTEL, 1998), seu papel na escola contemporânea (BITTENCOURT, 2004), a utilização de imagens (BADZINSKI; HERMEL, 2015) e em relação a conceitos ou temas específicos de Genética (XAVIER; FREIRE; MORAES, 2006; GARCIA; BIZZO, 2010; EL-HANI; ROQUE; ROCHA, 2011; CARDOSO-SILVA; OLIVEIRA, 2013; FRANZOLIN; TOLENTINO-NETO; BIZZO, 2014; FRANZOLIN; BIZZO, 2015), entre outros aspectos.

Com base no importante papel atribuído ao livro didático no ensino, em 1985 foi instituído, no Brasil, o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), que permitiu o acesso dos alunos e da escola aos livros escolhidos pelos professores. Essa escolha nem sempre foi feita com base no critério de qualidade, mas, sim, no mercadológico, pelo qual editoras ofereciam recompensas pela adoção dos livros. Essa situação mudou a partir da adoção de um processo de avaliação pelo Ministério da Educação (MEC), que iniciou, oficialmente, em 1996 (BIZZO, 2000).

Os livros pré-selecionados e aprovados pela comissão de avaliação passam a compor um guia com as resenhas e que é encaminhado às escolas para serem escolhidos pelos professores para o triênio seguinte. Essa comissão, teoricamente, exclui da lista de livros a serem adotados aqueles livros com erros conceituais, metodologias de ensino deficientes, veiculação de preconceitos e informações que coloquem em risco a integridade física de

alunos e professores (sugestão de experimento com risco de dano físico, explosão, entre outros).

A aprovação, em 2004, pelo MEC, do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), com o objetivo de proporcionar um material suplementar de qualidade, passou a garantir o atendimento para todos os alunos do Ensino Médio da rede pública, com a distribuição dos livros didáticos de todas as disciplinas básicas do currículo escolar (BRASIL, 2008). A disponibilidade de livros na área de Biologia ocorreu no final de 2006, com a escolha deles através do guia fornecido às escolas, e sua distribuição se deu em 2007 (EL-HANI; ROQUE; ROCHA, 2011).

A comissão de avaliação dos livros que compõem o guia, com pontos fracos e fortes, fica sob a responsabilidade de docentes de universidades, que constituem equipes de três ou quatro professores e um coordenador para cada obra avaliada. Quatro classes de critérios são utilizadas: a) correção e adequação conceitual e exatidão da informação básica; b) adequação e coerência metodológica; c) promoção de visões adequadas sobre a construção do conhecimento científico; e d) princípios éticos. A reprovação de um livro por essa comissão ainda é revista por no mínimo nove especialistas da área e um relatório é encaminhado à editora. Na primeira avaliação dos livros disponibilizados para o PNLEM/2007, nove dos vinte livros inscritos e analisados foram reprovados porque apresentavam, entre outros aspectos negativos, problemas com relação à correção e adequação conceitual e a exatidão da informação básica (EL-HANI; ROQUE; ROCHA, 2011).

Questões importantes, além dos aspectos conceituais, norteiam o processo de avaliação e escolha dos livros didáticos que são indicados e distribuídos pelo PNLD. Entre elas, os livros devem contextualizar o conteúdo, aproximando este do cotidiano do aluno, utilizar recursos visuais atrativos que façam com que o aluno pense sobre o que está escrito, indicar *sites* educativos, permitindo a exploração do ambiente virtual, e estimular o trabalho científico através da sugestão de atividades práticas (BRASIL, 2011).

Por sua vez, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), que preconizam a inserção de uma visão atualizada da Biologia, propõem como objetivos: a engenharia genética (transgênicos, enzimas de restrição, vetores e clonagem molecular), as técnicas moleculares para diagnóstico precoce (doenças genéticas, testes de paternidade e investigação criminal) e os projetos genomas no contexto do nosso país. Dentre outros temas, destacam-se: o estudo dos seres vivos e suas interações, diversidade, origem e evolução da vida. Essa constante atualização, sobretudo em áreas sujeitas às mudanças em razão de

descobertas técnico-científicas, determina a necessidade de constante reestruturação dos livros didáticos, no sentido de favorecer a inserção dos temas novos (BRASIL, 2002).

Nesse sentido, o Plano Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM) preconiza que os livros didáticos de Biologia devem apresentar-se atualizados quanto ao conteúdo e procedimentos adotados, tanto em relação aos conhecimentos correspondentes nas ciências e saberes de referência quanto no que diz respeito às orientações curriculares oficialmente elaboradas (BRASIL, 2008).

Muitos desafios ainda precisam ser superados para que o livro didático se aproxime mais efetivamente do seu propósito. Um desses desafios está relacionado à transposição didática do conhecimento acadêmico para o livro didático e deste para a sala de aula, considerados por Chevallard (1997) como essencial para que o conhecimento científico chegue ao aluno. O conhecimento científico, identificado como saber sábio (objeto do saber), ao ser definido como um conteúdo escolarizável passa por um processo de transposição, tendo sua linguagem e símbolos adaptados de acordo com o público-alvo, se transformando em saber a ser ensinado, e passa a estar presente nos currículos, livros e materiais didáticos, além de sites na Internet. Esse saber a ser ensinado é submetido a uma nova transformação pelo professor, que adequa o conteúdo de acordo com sua sala de aula, utilizando analogias, simplificações e contextualizações, ensinando a partir de suas concepções pessoais (CHEVALLARD, 1997; CARVALHO, 2010).

Outra dificuldade relacionada à transposição é a noção de “demora” no tempo, entre as novas descobertas científicas e sua inserção nos manuais ou livros didáticos de modo que fiquem acessíveis à escola. Um exemplo é o determinismo genético, em que os autores fazem referência à influência exclusiva do genótipo sobre o fenótipo, ainda destacado nos livros, conforme Ferreira e colaboradores (2009).

Independentemente das questões de transposição didática, Franzolin e Bizzo (2009) apontam que o conhecimento científico pode ser descrito, no livro didático, de modo mais simplificado, visando tornar o conhecimento mais acessível ao aluno (laxismo) ou pode ser mais próximo possível do conhecimento científico (rigorismo). Esses autores, ao analisarem as divergências encontradas na transposição de uma bibliografia de referência para livros didáticos, encontraram nos livros didáticos brasileiros, em maior quantidade, generalizações de ocorrência, seguidas dos desvios conceituais. Posteriormente, Franzolin e colaboradores (2014) destacaram uma grande incidência de generalizações em temas específicos como a meiose, que, segundo eles, determinam um distanciamento do conhecimento veiculado nos livros de referência.

Franzolin e Bizzo (2015), ao analisarem livros do PNLD e considerando que eles passam por uma avaliação prévia, preferem abordar todas as divergências observadas na transposição como desvios conceituais. Por outro lado, a transposição didática pode reforçar obstáculos epistemológicos em livros-textos aprovados e disponibilizados para as escolas. Esses erros foram identificados por Toledo e Ferreira (2015) não somente nos livros didáticos, mas em sites de divulgação científica e livros do Ensino Superior. Descrevem como resultado da transferência da imagem concreta para a teoria abstrata através de analogias incorretas do efeito estufa.

A forma de abordagem de alguns conteúdos de genética nos livros didáticos também pode dificultar a relação entre vários conceitos importantes, como, por exemplo, os descritos por Ferreira e Justi (2005) com relação aos conceitos da molécula de DNA e aos genes e cromossomos. Avaliações com relação à forma de abordagem de conteúdos como a evolução são relatadas por Dalapicolla, Silva e Garcia (2015) como extremamente descritiva, com conceitos evolutivos de forma escassa e superficial. Uma abordagem histórico-geográfica de livros qualificados para o Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM), utilizando como tema a dupla-hélice do DNA com relação à inserção da história perante o conceito científico, demonstrou que alguns elementos históricos estão disponíveis, mas não refletem a discussão, o planejamento e os procedimentos de pesquisa que determinaram a elaboração desses conceitos (SILVA; PASSOS; BOAS, 2013).

Percebe-se, assim, que mesmo com todos os processos de avaliação instalados no sentido de garantir a qualidade dos livros didáticos, eles ainda chegam à escola com inconsistências, desvios e erros conceituais. Somados aos problemas conceituais gerados na transposição didática, há implicações científicas e culturais importantes.

2.5 FORMAÇÃO CONTINUADA DE PROFESSORES

A sociedade complexa em que vivemos e as rápidas mudanças culturais e tecnológicas exigem profissionais dinâmicos e capazes de refletir sobre a sua prática pedagógica de modo a atender, ou ao menos minimizar, a efemeridade do sistema. Da mesma forma, a qualidade do conhecimento adquirido está entre os principais desafios que precisam ser enfrentados com relação às políticas públicas de Ensino Médio. Perpassa por essa qualidade, a formação básica e continuada dos professores.

A perspectiva da educação como um direito e como um processo formativo contínuo e permanente, além das novas determinações com vistas a atender novas orientações

educacionais, amplia as tarefas dos profissionais da educação, no que diz respeito às suas práticas. Exige-se do professor que ele seja capaz de articular os diferentes saberes escolares à prática social e ao desenvolvimento de competências para o mundo do trabalho. Em outras palavras, a vida na escola e o trabalho do professor tornam-se cada vez mais complexos. Como consequência, é necessário repensar a formação dos professores para que possam enfrentar as novas e diversificadas tarefas que lhes são confiadas na sala de aula e além dela (KUENZER, 2013).

A Resolução do Conselho Nacional de Educação CNE/CP n. 1/2002, que instituiu Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em Nível Superior, curso de licenciatura e graduação plena, regulamentou as orientações gerais disponíveis em 2001 (KUENZER, 2013). Entretanto, isso não foi suficiente para garantir a continuidade do ingresso dos jovens nos cursos de licenciatura e muito menos a qualidade da formação dos egressos desses cursos. Cabe destacar que questões sociais e econômicas e a desmotivação com a carreira docente podem estar influenciando nessa significativa redução.

A implantação de uma política efetiva de formação de docentes para o Ensino Médio constitui-se um grande desafio. Um caminho para efetivação dessa política pública foi sinalizado no Decreto n. 6.755/2009, que estabeleceu os objetivos para a Política Nacional de Formação de Professores. Atualmente, se orienta pelo projeto de Lei que propôs o Plano Nacional de Educação, para o período 2011-2020, que prevê, entre suas diretrizes, a valorização dos profissionais da educação, incluindo o fortalecimento da formação inicial e continuada dos professores. Destacam-se as seguintes metas que dizem respeito a essas questões: Meta 15: garantir, em regime de colaboração entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, que todos os professores da Educação Básica possuam formação específica de nível superior, obtida em curso de licenciatura na área de conhecimento em que atuam; Meta 16: formar 50% dos professores da Educação Básica em nível de pós-graduação *lato e stricto sensu*, garantir a todos formação continuada em sua área de atuação (BRASIL, 2014).

A formação de professores, para que seja efetiva, deve ser estimulada e vista como um projeto pessoal e coletivo. É descrita por Garcia (1995) como um processo (em desenvolvimento) que emerge a partir das representações e experiências pessoais no sentido de alcançar outros modelos, novos referenciais ou novas experiências. Essa formação comprometida com o desenvolvimento pessoal e profissional também é destacada por Nóvoa (1997) como essencial para a formação de um professor reflexivo, capaz de assumir a responsabilidade do seu próprio desenvolvimento profissional.

Como processo contínuo, a formação deve estar integrada com as mudanças curriculares e o desenvolvimento organizacional da escola (deve envolver todos), precisa reunir formação básica e pedagógica, integrar a prática com a teoria, formação recebida x necessária a ser desenvolvida e oportunizar o questionamento das suas crenças e práticas (GARCIA, 1995). Necessita resgatar os diferentes saberes da prática docente para que, compartilhados, favoreçam a transformação e o crescimento individual e coletivo (TARDIF, 2002).

O reconhecimento da existência de saberes específicos que caracterizam a profissão docente, saberes desenvolvidos pelos professores, tanto no seu processo de formação para o trabalho como no seu próprio cotidiano, de suas atividades como docentes, bem como as relações entre os diferentes saberes e a formação profissional, são destacados em Tardif (2014). Os saberes da formação profissional (das ciências da educação e da ideologia pedagógica), os saberes disciplinares, os saberes curriculares e, por fim, os saberes experienciais compõem o “saber plural”, provenientes das instituições de formação, da própria formação profissional, dos currículos e da prática cotidiana, implicados na atividade docente. O saber profissional dos professores é, na interpretação desse autor, um amálgama de diferentes saberes, provenientes de fontes diversas, que são construídos, relacionados de acordo com as exigências de sua atividade profissional (TARDIF, 2014).

Ainda considerando Tardif (2014), os saberes experienciais resultam de um processo de construção individual, ao mesmo tempo compartilhado e legitimado por socialização com os pares. Nessa interação, o reconhecimento dos saberes se dá na perspectiva de grupo, e não de um profissional em específico. Para Gauthier (2006), isso não é suficiente para que a sociedade reconheça esses saberes da ação pedagógica. Eles precisam ser verificados e validados por meio de pesquisas em sala de aula. Esses são resultados da relação estabelecida entre os saberes disciplinares, curriculares, ciências da educação (formação inicial), da tradição pedagógica e os experienciais. Eles direcionam o professor a optar por uma ou outra ação de forma específica.

Nessa perspectiva, o conhecimento é um objeto em construção, por isso sujeito a possíveis transformações na medida em que se constroem seus saberes. Entendendo o saber como o ato de ter ou incorporar conhecimento de algo, quer seja em nível teórico quanto em nível prático, o saber passa a ser resultado de uma intervenção do homem em sua forma de produção da existência e/ou de sua ideia sobre ela e das manifestações dos fenômenos que privilegia, segundo a valoração e o grau de importância que emprega ao objeto do conhecimento (LIMA, 2010).

Da mesma forma que avanços científicos e tecnológicos explicitam as rupturas e permanências de um conhecimento que não é acabado, mas que está em construção, o professor, nessa perspectiva profissional coerente, caracteriza-se como sujeito em construção, pois os seus saberes aprendidos estão situados numa dinâmica temporal entre o crivo da significação e ressignificação de novos olhares (LIMA, 2010). Desse modo, torna-se imprescindível o exercício contínuo do “aprender a conhecer”, com base na formação continuada de professores.

Durante a vida profissional do professor, o seu fazer e sua formação devem se tornar objetos permanentes de discussão, por meio de questionamentos de seus fazeres revisitados, pelas contribuições dos pares, pelas modificações e inovações necessárias na novidade da aula de cada dia, pela necessidade do vir a ser na construção de si e de seu aluno e, sobretudo, pela responsabilidade e coparticipação na problematização da formação dos cidadãos em formação (LIMA, 2010). A possibilidade de dar um novo significado aos seus saberes e fazeres é, de acordo com Lima (2010), uma ação política sobre a sua constituição pessoal e profissional, que se dá através da:

- a) Reflexão sobre a prática pedagógica que aperfeiçoa a sistematização e a intencionalidade da intervenção docente no processo ensino-aprendizagem (reorientação metodológica, intervenções e trocas de experiências a partir dos avanços e dificuldades, de forma a considerar a perspectiva de novos encaminhamentos).
- b) Formação continuada de professores que solicita profissionais comprometidos com a educação, tomando os fazeres pedagógicos como oportunidades de ressignificação do espaço de produção do conhecimento de forma prazerosa, sem negar a construção histórica dos saberes (compromisso com o ensino, sem ser a única fonte geradora de conhecimento).
- c) Formação continuada de professores que deve evocar, permanentemente, a articulação da ação-reflexão-ação na discussão das práticas individuais e coletivas dos docentes, contribuindo para uma nova leitura, a cada vez que a sua realidade é ressignificada (desenvolver a autonomia e a busca do saber).

A expressão “formação continuada” abrange oportunidades formativas que ultrapassam o âmbito profissional, geralmente caracterizado pelo envolvimento em cursos, pois existem outras ocasiões, ao longo da vida do educador, que contribuem para os processos formativos e que podem influenciar seu cotidiano escolar. Assim, de acordo com Langhi (2009) e Almeida (2005), a formação continuada envolve trajetórias de vida profissional e

peçoal, em um conjunto de atividades desenvolvidas pelos professores em exercício com objetivo formativo, realizadas individualmente ou em grupo, contribuindo para que esses profissionais realizem tanto os trabalhos habituais como os novos que se coloquem. Essas atividades formativas convergem, portanto, para o movimento de elaboração/reelaboração da cultura profissional docente, ou seja, com a constituição incessante do modo de sermos professores.

A possível formação desenvolvida nos professores, a partir do “envolvimento com questões/problemas e com o processo de reconstrução de conhecimentos anteriores”, favorece a seleção e organização do conteúdo e dos procedimentos de ensino adequados. Três condições importantes para a aprendizagem, tanto dos docentes quanto dos alunos, visto que ambos constroem seus conhecimentos baseados em modelos explicativos mais complexos que vão sendo elaborados no decorrer de seu processo de desenvolvimento, são: a contextualização dos conteúdos e seu tratamento a partir da proposição de situações problemáticas, o trabalho cooperativo entre os integrantes de um grupo e a contribuição de diferentes áreas do conhecimento para melhor aproximação da realidade. Esses são aspectos que, mais uma vez, demonstraram ser significativos no processo de aprendizagem (TRIVELATO, 2003).

Nóvoa (1997, p. 25) afirma que “a formação continuada deve estar articulada com o desempenho profissional dos professores, tomando as escolas como lugares de referência”. Trata-se de um objetivo que somente adquire credibilidade se os programas de formação se estruturarem em torno de problemas e de projetos de ação, e não em torno de conteúdos acadêmicos. Para Nóvoa (2016)¹, a escola deve ser vista como *lócus* da formação continuada, esta se dá no que ele denomina de “coletivo profissional”, isto é, se faz no diálogo com seus colegas e professores, em que se prevê o protagonismo do professor, reforçando as dimensões pessoais e o compromisso com sua própria formação. Deve estar centrada na pessoa do professor, no projeto político-pedagógico da escola (experiências escolares e processo de aprendizagem), na pesquisa da sua prática (renovação) e no planejamento da escola (organização de tempo da escola de modo a permitir a inserção desse professor na formação), o que denominou de “Política dos 4Ps”.

Com esses princípios, o professor não apenas ensina a aprender, mas aprende a ensinar com seus alunos, com outros professores, com as situações vivenciadas, discutidas com perguntas e respostas advindas de situações problematizadoras diversas, enfim, aprende com a

¹ Informação verbal. Palestra proferida no Seminário Macromissionário de Formação Continuada em Cerro Largo/RS, em 30/03/2016.

socialização dos saberes, e tal disposição deve ser o ponto central de sua prática cotidiana. Portanto, a formação do professor, como agente facilitador do processo de ensino-aprendizagem, viabiliza o despertar dos sujeitos participantes desse processo, possibilitado através de sua prática.

As dificuldades no ensino de Biologia, mais especificamente na área da genética, ampliam os desafios da docência. A imensa quantidade de informações produzidas a cada ano em pesquisas na área da Genética gera insegurança não apenas por parte dos alunos, mas também por parte dos professores de Biologia, que são pressionados a se atualizarem frequentemente em relação aos avanços dessa área (CAMARGO; INFANTE-MALACHIAS, 2007). A construção coletiva do conhecimento de forma sistematizada e acessível leva tempo e exige estudo e dedicação dos professores. Para completar esse quadro, em sua maioria, possuem dificuldades para conviver com as novas tecnologias e com linguagens do mundo atual, fazendo que a formação seja considerada arcaica poucos anos depois (JUSTINA; BARRADAS, 2004).

Moura e colaboradores (2013), ao fazerem uma reflexão sobre o ensino em escolas públicas brasileiras, complementam as questões acima citadas destacando que ainda é grande o “abismo” entre o ensino de Biologia, com ênfase a genética, com os acontecimentos diários dos alunos em meio à sociedade na qual eles estão inseridos. Contudo, é preciso considerar que tecnologias, equipamentos sofisticados, laboratórios bem equipados e estratégias de ensino diferenciadas não garantem por si só a qualidade das aulas. Para um bom ensino de Biologia, com destaque à genética, é necessário proporcionar um ambiente de aprendizagem que promova a construção do conhecimento por meio de uma atuação ativa, crítica e criativa por parte dos alunos e do professor (LIBÂNEO, 2001).

Metodologias que se fundamentam em formas de desenvolver o processo de aprender, utilizando experiências reais ou simuladas, visando às condições de solucionar, com sucesso, desafios advindos das atividades essenciais da prática social, em diferentes contextos são descritas como metodologias ativas. Estas metodologias, segundo Berbel (2011) despertam a curiosidade e favorecem uma motivação autônoma sempre que incluem o fortalecimento da percepção do aluno de ser origem da própria ação. Outro recurso didático de ensino-aprendizagem utilizado pelas metodologias ativas é a problematização que ao colocar o aluno frente a uma determinada situação, permite que ele se examine, reflita e ressignifique suas descobertas. Favorece de modo significativo e eficaz, o processo de ensino-aprendizagem (MITRE et al., 2008).

No ensino de Genética, mais que qualquer outro componente curricular, o conteúdo se modifica consideravelmente. Os professores são constantemente expostos a situações que demandam posicionamento crítico e discussões sobre temas complexos e polêmicos, como, por exemplo: cultivo de células-troncos, clonagem terapêutica ou reprodutiva, alimentos transgênicos etc. Nesse sentido, a formação continuada favorece os processos de atualização, estimula o uso de metodologias mais ativas (atividades experimentais, modelos didáticos, simulações e uso de ferramentas computacionais da Internet) de modo a proporcionar informações com mais significado e inseridas no cotidiano do aluno (LORETO; SEPEL, 2003; ARAÚJO, 2007).

Esse significado pode ser favorecido quando se permite a exploração de uma visão mais adequada da produção e evolução do conhecimento científico atrelado à História da Ciência, trazendo contribuições importantes à área da educação científica, especialmente na área da genética, que está sempre em acelerado processo de renovação de conhecimentos (SCHEID; FERRARI, 2006). A produção do conhecimento pedagógico, tendo como princípio o repensar da prática e compartilhada a partir dos conhecimentos individuais dos participantes ao longo da sua formação, pode orientar o processo de transformação, apropriação ou produção de novos conhecimentos (BOLZAN, 2009). A compreensão do processo de construção do conhecimento pode auxiliar o entendimento dos conceitos fundamentais da disciplina.

Nesse sentido, a pesquisa entra como ponto de partida para esta reflexão sobre a prática pedagógica. A investigação da realidade da escola, do ensino e da sua prática promove mudanças epistemológicas na docência de modo a permitir um “ressignificar da nossa prática, do nosso fazer pedagógico” (JÉLVEZ, 2013, p. 117). Propicia a construção mais significativa do conhecimento, que interfere diretamente na qualidade do conhecimento trabalhado. Passa também por essa formação em todos os momentos uma diretriz previamente estabelecida – o ensino pela pesquisa. Pesquisa em todas as suas formas de interpretação, pesquisa na proposta pedagógica/metodológica do professor com os seus alunos ou pesquisa da sua prática, contribuindo na esperada melhoria da qualidade do ensino.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 PERCURSO METODOLÓGICO

Para atender aos objetivos propostos, algumas etapas foram delineadas e desenvolvidas, conforme descrito no Quadro 2, a seguir.

Quadro 2 – Etapas delineadas para o percurso metodológico

Objetivo específico	Delineamento metodológico	Atividades desenvolvidas	Resultado/Situação Situação
Mapear os caracteres humanos mais utilizados como exemplos de padrões de herança, nos livros didáticos referências para o Ensino Médio em Biologia (PNLEM).	Exploratória. Bibliográfica/documental, com análise qualitativa e quantitativa do conteúdo.	Análise de 8 livros do PNLEM/2012 quanto aos exemplos de traços humanos hereditários utilizados. Elaboração da planilha para coleta de dados.	Manuscrito I “Alguns contrapontos da utilização de caracteres humanos no ensino de Genética em livros didáticos”. Submetido. Revista <i>RenCiMa</i> .
Conhecer as concepções dos professores a respeito da utilização dos caracteres humanos como forma de contextualização no ensino dos padrões de herança e as dificuldades associadas.	Exploratória e descritiva. Levantamento. Análise qualitativa e quantitativa.	Contato CRE/Escolas. Entrevista com professores. Análise de dados.	Manuscrito II “Ensinar padrões de herança mendelianos utilizando caracteres humanos – percepção dos professores”. Aceito. Revista <i>Contexto-Educação</i> .
Analisar criticamente o potencial de uso desses exemplos como estratégia didática e identificar os riscos dessa utilização.	Descritiva e explicativa. Análise crítica do potencial de uso dos caracteres humanos.	Revisão bibliográfica. Reflexões sobre o uso de caracteres humanos no mendelismo.	Artigo I “Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelhas?” Publicado. Revista <i>Genética na Escola</i> .
Identificar a frequência de características humanas utilizadas como principais exemplos de padrões de herança nos livros didáticos.	Exploratória e descritiva. Levantamento. Investigação – análise quantitativa.	Autorização CRE e Escolas. Aspectos éticos (CEP e TCLE). Elaboração de instrumento de coleta de dados (questionário). Piloto (alunos Ens. Fundam.). Desenvolvimento do <i>software</i> . Coleta de dados (<i>on-line</i>). População (alunos do Ens. Médio). Análise de dados.	Manuscrito III “Frequência de características humanas utilizadas na contextualização de herança mendeliana no ensino de Genética”. Não submetido.
Desenvolver uma estratégia de ensino que favoreça a	Exploratória e descritiva. Levantamento.	Formação de professores. Elaboração de estratégia de	Manuscrito IV “Software alia

Objetivo específico	Delineamento metodológico	Atividades desenvolvidas	Resultado/Situação Situação
utilização de caracteres humanos no ensino dos padrões de herança.	Trabalho colaborativo. Pesquisa-ação. Abordagem qualitativa e quantitativa, com foco na aplicação de estratégia de investigação, avaliação e análise.	aprendizagem ativa com utilização do <i>software</i> . Aplicação da proposta. Avaliação. Análise dos dados. Reflexão/sugestões.	investigação e construção de conceitos para minimizar as dificuldades da utilização de caracteres humanos na contextualização de padrões de herança mendelianos”. Não submetido.

Fonte: A autora (2017).

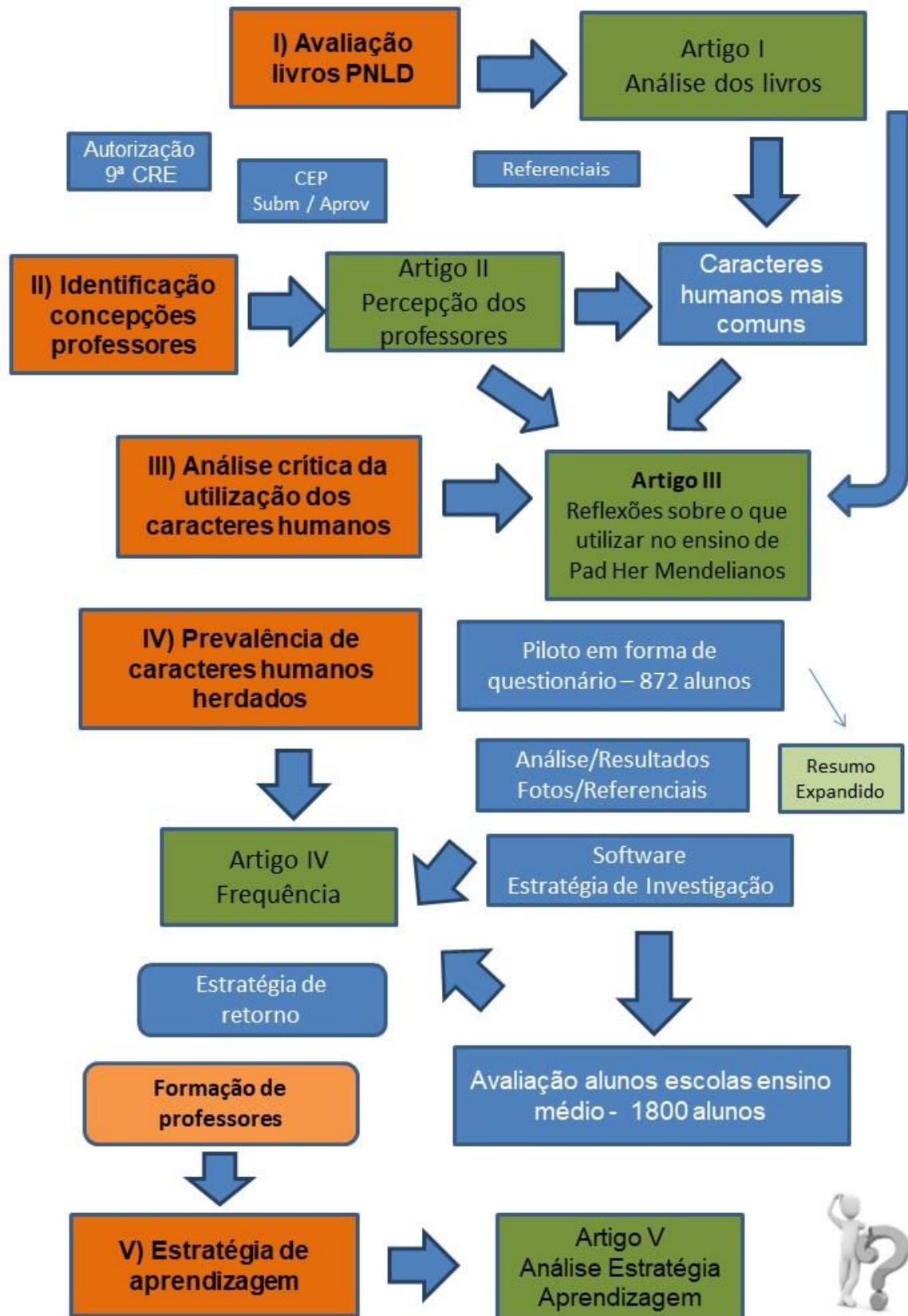
As atividades foram realizadas no município de Cruz Alta, na região central do Rio Grande do Sul, e possibilitaram avaliar a utilização dos caracteres humanos herdados, tendo como foco os livros didáticos utilizados no ensino de Genética, no Ensino Médio, os professores que atuam na área e os alunos inseridos nesse nível de ensino. As avaliações subsidiaram a elaboração de uma estratégia de aprendizagem ativa com foco na investigação da frequência de caracteres humanos, propiciando a discussão e elaboração de conceitos relativos aos padrões de herança.

Cruz Alta é município-sede da 9ª Coordenadoria Regional de Educação (CRE), que compreende 11 municípios. Como município de pequeno porte, dispõe de 22 escolas na rede básica de ensino, sendo que apenas sete delas oferecem o Ensino Médio, são elas: IEE Prof. Annes Dias, EEEM Dom Antônio Reis, EEEM Dr. Hildebrando Westphalen, EEEB Venâncio Aires, EEEB Margarida Pardelhas, EEEM Major Belarmino Cortes e EEEM Profa. Maria Bandarra Westphalen. Conta com 17 professores cadastrados para atuar no Ensino de Biologia nessas escolas e cerca de 2.100 alunos matriculados nesse nível de ensino.

Esta proposta iniciou com três objetivos específicos: a identificação da utilização dos caracteres humanos nos livros didáticos, a identificação do comportamento e da frequência desses caracteres na população e a análise crítica do potencial de uso desses exemplos com a intenção de se elaborar sugestões que minimizassem as inconsistências observadas. A interação com os professores proporcionada no desenvolvimento do projeto encaminhou a proposta inicial para uma nova abordagem, no sentido de não levar apenas informações do levantamento, mas trabalhar com eles, propiciando uma formação e desencadeando uma proposta coletiva dos professores que permitisse atender, de maneira mais efetiva, aos objetivos do trabalho.

O percurso metodológico seguido está descrito no fluxograma (Figura 1), e os procedimentos metodológicos específicos estão inseridos nos capítulos.

Figura 1 – Fluxograma do percurso metodológico seguido no desenvolvimento da proposta



3.2 UTILIZAÇÃO DE CARACTERES HUMANOS NO ENSINO DE GENÉTICA EM LIVROS DIDÁTICOS

A utilização de caracteres humanos nas imagens, textos e exercícios vem progressivamente se ampliando nos livros didáticos de Biologia, mais especificamente nos conteúdos associados ao ensino de Genética, para o Ensino Médio, tendo em vista que estimula o questionamento desencadeado pelo interesse por algo mais próximo de si, dos seus colegas e familiares e, ao mesmo tempo, resgata questões culturais associadas à herança transmitida de geração a geração.

A identificação dos caracteres humanos mais utilizados como exemplos de padrões de herança nos livros didáticos referências para o Ensino Médio em Biologia (PNLEM) permite quantificar e, ao mesmo tempo, fazer uma análise dos problemas e das inconsistências relacionados à utilização desses exemplos para o ensino de Genética.

Das obras inscritas para o Edital PNLD 2012, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Componente Curricular Biologia, 16 (dezesesseis) foram submetidas para a avaliação. Uma equipe de especialistas de diferentes áreas do campo das ciências biológicas, constituída por professores pesquisadores que atuam no Ensino Superior, em cursos de formação de professores dessa área ou em bacharelados, em nível de graduação e pós-graduação, e professores que atuam no Ensino Médio, na rede pública, de diferentes regiões brasileiras, se responsabilizou pelo processo de avaliação de modo a garantir diferentes olhares sobre a avaliação (BRASIL, 2011).

Os critérios utilizados incluem critérios comuns para os diversos componentes curriculares e critérios específicos do componente curricular. Estes foram organizados em blocos com a seguinte configuração: 1. legislação e cidadania; 2. abordagem teórico-metodológica e proposta didático-pedagógica; 3. projeto gráfico-editorial; 4. conceitos, linguagens e procedimentos e 5. manual do professor (BRASIL, 2011).

Após as avaliações, uma resenha das oito obras selecionadas compõe o *Guia dos livros*, nesse caso, do PNLEM Biologia 2012, que é enviado às escolas da rede básica de ensino para que o corpo docente possa fazer a sua escolha. Diferentes subsídios são oferecidos no *Guia* para que a escolha esteja relacionada à proposta pedagógica da escola, ao perfil do aluno e ao tipo de ensino que se quer proporcionar. Cabe destacar que, embora o processo de avaliação e escolha do livro siga todos os caminhos recomendados no *Guia*, nem sempre as obras escolhidas são as que chegam à escola.

Uma análise qualitativa e quantitativa de conteúdo dos oito livros didáticos aprovados no PNLEM (2012) permitiu identificar e avaliar as principais características humanas herdadas utilizadas como exemplos de padrões de herança.

A lista dos livros de Biologia aprovados no PNLEM/2012 escolhidos para o processo de avaliação está disponível ao final do texto e os exemplares foram cedidos pelas escolas de Ensino Médio da região de abrangência do projeto.

3.2.1 Manuscrito 1

Manuscrito 1: “Caracteres humanos herdados utilizados no ensino de Genética em livros didáticos”.

Submetido para avaliação na *Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa)* em 09/03/2017.

**Caracteres humanos herdados utilizados no ensino de genética em livros
didáticos**

Inherited human characters used in teaching genetics in textbooks

Cléia Rosani Baiotto

Doutoranda em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Ciências Biológicas,
UNICRUZ, Cruz Alta, Rio Grande do Sul, cbaiotto@unicruz.edu.br

Élgion Lucio da Silva Loreto

Doutor em Genética e Biologia Molecular, professor associado do Departamento de
Bioquímica e Biologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do
Sul, elgion@base.ufsm.br

Resumo

Caracteres hereditários humanos vêm sendo progressivamente incluídos na contextualização dos padrões de herança no Ensino Médio com o objetivo de aproximar o cotidiano do aluno, tornando o ensino mais interessante, motivador e significativo. Informações equivocadas, com erros, desvios e mesmo simplificações com relação ao padrão de herança desses caracteres podem comprometer o ensino e levar a um descrédito da informação científica. Este estudo teve por objetivo levantar e analisar a utilização desses caracteres como forma de contextualizar os padrões de herança nos livros didáticos referências para o Ensino Médio em Biologia (PNLEM/2012). Observa-se uma preferência em utilizar caracteres humanos externos e facilmente identificáveis. No entanto, diferentes equívocos são relatados na utilização desses caracteres, sendo que os que mais comprometem o ensino são os erros conceituais e os desvios com relação à descrição dos textos de referência, que podem comprometer o ensino em decorrência dos equívocos implícitos nessas simplificações, visto que esses traços podem ser facilmente observáveis em si mesmo e em seus familiares.

Palavras-chave: Traços Hereditários. Ensino de Genética. Contextualização. Caracteres Humanos.

Abstract

Human hereditary characters have been progressively included in the contextualization of inheritance patterns in high school with the aim of bringing the students' daily lives closer together, making teaching more interesting, motivating and meaningful. Misinformation, with errors, deviations and even simplifications with respect to the pattern of inheritance of these characters can compromise teaching and lead to a discredit of scientific information. This study aimed to survey and analyze the use of these characters as a way of contextualizing the patterns of inheritance in reference textbooks for the study of Biology in High School (PNLEM / 2012). It is observed that a preference is given to using external, easily identifiable human characters. However, different misconceptions are reported in the use of these characters, and the ones that most compromise teaching are conceptual errors and deviations from the description of reference texts that may compromise teaching due to the implicit misunderstandings in these simplifications, since these traits can be easily observed in themselves and in their relatives.

Keywords: Hereditary Traits. Teaching of Genetics. Contextualization. Human Characters.

Introdução

Compreender os mecanismos associados à transmissão hereditária das características humanas e a possível diversidade de suas expressões, tanto nas condições normais como na gênese de várias doenças, é de significativa importância para que o indivíduo possa fazer uso de forma plena do que lhe é ofertado pela sociedade tecnológica atual. Produtos biotecnológicos estão sendo oferecidos em profusão, seja como alimentos, fármacos ou serviços. Hoje, por exemplo, podemos ter o nosso genoma sequenciado por um preço razoável, e logo este estará mais acessível, o que possibilitará uma medicina individualizada e preventiva.

O conhecimento básico sobre os padrões de herança e os mecanismos moleculares da variabilidade humana desenvolvidos na escola têm importantes implicações culturais e sociais, ao mesmo tempo em que permitem minimizar preconceitos com relação às doenças hereditárias e variações normais, como, por exemplo, a cor da pele.

As novas descobertas relativas à genética molecular humana, somadas à velocidade de divulgação na mídia, têm ampliada a importância dada a esses temas no ensino. Assim como têm determinado uma maior inclusão dos conteúdos de genética humana no Ensino Médio (MELO; CARMO, 2009). Nesse sentido, documentos oficiais (BRASIL, 2000) também vêm reforçando a necessidade de inserção da genética no ensino formal de modo atualizado e objetivando a formação cidadã acima mencionada.

Diferentes autores têm relatado as dificuldades observadas no ensino de Biologia e mais especificamente no campo da Genética. Entre elas, destacam-se a falta de contextualização e excesso de memorização (SOARES; PINTO; ROCHA, 2005), concepções errôneas sob o ponto de vista científico (PAIVA; MARTINS, 2005), compreensão inadequada da terminologia (SCHEID; FERRARI, 2006), além do distanciamento entre a produção do conhecimento e a necessidade de atualização dos materiais didáticos (LORETO; SEPEL, 2003). Para o ensino dos padrões de herança são apresentados, geralmente, como exemplos as diferenças nas sementes de ervilha, a cor dos olhos de moscas, chifres em bovinos e outros que, apesar do apelo histórico e da exatidão científica, são distantes da realidade do aluno, por isso não despertam interesse sobre a temática (BAIOTTO; SEPEL; LORETO, 2016).

É consenso que aprender exige conhecimento prévio (AUSUBEL, 2003), motivação e interesse (VIGOSTSKI, 2001), além de que essa disposição para aprender integra pensamentos, sentimentos e ações (NOVAK, 2011). Do mesmo modo, tudo aquilo que não é tomado como significativo tende a ser abandonado (LA ROSA *et al.*, 1998). Nesse sentido, mais recentemente, os professores estimulados pela curiosidade natural do aluno, pelo fato de

a Genética estar na mídia e pelas reiteradas sinalizações dos documentos oficiais sobre a necessidade de contextualizar o ensino, começaram a ver na utilização de caracteres humanos um modo de contextualização dos padrões de herança e uma forma de motivar a aprendizagem em Genética. A utilização de caracteres observáveis em si, em seus familiares, ou em conhecidos entra nesse processo como uma tentativa de um ensino mais interessante, motivador e significativo.

Dessa forma, a inclusão de novos temas de genética humana no currículo e de exemplos de padrões de herança humanos para temas gerais, além de proporcionar essa melhor contextualização, resgata questões culturais atreladas à transmissão das características, desperta a curiosidade natural e desencadeia uma maior compreensão desses temas, inserindo os alunos de forma mais efetiva no processo de aprendizagem, visto que se constituem no próprio objeto de estudo (CAMARGO; INFANTE-MALACHIAS, 2007).

Kato e Kawazaki (2011), ao avaliarem as diferentes concepções de contextualização do ensino, agruparam elas em três grupos: a) relacionadas ao cotidiano do aluno; b) relacionadas à(s) disciplina(s) escolar(es); c) relacionadas aos contextos histórico, social e cultural. Contextualizar o ensino de genética com a utilização de caracteres humanos está de certa forma ligado aos três grupos descritos pelos autores acima. Entre os caracteres utilizados nesse sentido e descritos por autores como Badzinski e Hermel (2015), ao avaliarem imagens utilizadas nos livros de Biologia, estão o modo de cruzar as mãos, a capacidade de enrolar a língua, a forma do polegar, a implantação dos cabelos na cabeça e o lóbulo da orelha. A contextualização no ensino não é uma preocupação recente. Kato e Kawasaki (2011) propõem trazer o contexto de vivência dos alunos para o contexto de aprendizagem. Lima e colaboradores (2000) acrescentam que “a contextualização do ensino ocorre quando são considerados os conhecimentos prévios e o cotidiano dos alunos”. Melo e Carmo (2009) também reforçam o aspecto positivo da inserção de caracteres humanos como forma de contextualização no ensino de genética.

Paralelamente, a utilização do livro didático como suporte no planejamento, na organização e execução das aulas é ainda um dos principais recursos do professor no Ensino Médio. É considerado ainda por muitos professores como a principal ou única fonte de textos utilizados em sala de aula (GAMBARINI; BASTOS, 2006). A importância assumida pelo livro didático no ensino ao longo dos anos levou a diversas avaliações com relação à qualidade (PIMENTEL, 1998), seu papel na escola contemporânea (BITTENCOURT, 2004) e utilização de imagens (BADZINSKI; HERMEL, 2015) e em relação a conceitos específicos

de Genética (SANTOS; EL HANI, 2009; FRANZOLIN; TOLENTINO-NETO; BIZZO, 2014; FRANZOLIN; BIZZO, 2015).

Cabe destacar que essa utilização se amplia a partir da aprovação do Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) em 2006, com o objetivo de proporcionar um material suplementar de qualidade, quando passou a garantir o atendimento para todos os alunos do Ensino Médio da rede pública, com a distribuição dos livros didáticos de todas as disciplinas básicas do currículo escolar (BRASIL, 2008). Questões importantes além dos aspectos conceituais norteiam o processo de avaliação e escolha dos livros didáticos que são indicados e distribuídos pelo PNLD. Entre elas, os livros devem contextualizar o conteúdo, aproximando este do cotidiano do aluno, utilizar recursos visuais atrativos que façam com que o aluno pense sobre o que está escrito, indicar *sites* educativos, permitindo a exploração do ambiente virtual, e estimular o trabalho científico através da sugestão de atividades práticas (BRASIL, 2011).

Muitos desafios ainda precisam ser superados para que o livro didático se aproxime mais efetivamente do seu propósito. Um desses desafios está relacionado à transposição didática do conhecimento acadêmico para o livro didático e deste para a sala de aula, considerados por Chevallard (1997) como essencial para que o conhecimento científico chegue ao aluno. A transposição do conhecimento científico de forma mais simplificada para o livro didático, visando tornar o conhecimento mais acessível ao aluno, é descrita por Franzolin e Bizzo (2009) como laxismo. Estes autores, ao analisarem as divergências encontradas na transposição de uma bibliografia de referência para livros didáticos, encontraram nos livros brasileiros generalizações de ocorrência, seguidas dos desvios conceituais, em maior quantidade quando comparados a livros norte-americanos de mesma fase. Posteriormente, Franzolin, Tolentino-Neto e Bizzo (2014) destacaram uma grande incidência de generalizações em temas específicos como a meiose, que, segundo os autores, determinam um distanciamento do conhecimento veiculado nos livros de referência.

A forma de abordagem de alguns conteúdos de Genética nos livros didáticos pode dificultar a relação entre vários conceitos importantes, como, por exemplo, os descritos por Ferreira e Justi (2005) com relação aos conceitos da molécula de DNA, genes e cromossomos e fases em que se estudam esses conceitos nos livros de Química e Biologia. Do mesmo modo, erros conceituais comprometem o ensino, como pode ser observado em Bizzo (2009), o qual descreve situações que se repetem em algumas obras, de conceitos apresentados fundamentados em premissas não aceitas pela comunidade científica e que estão baseados em modelos falsos e conhecimentos adaptativos no contexto escolar. Franzolin e Bizzo (2015), ao

analisarem livros do PNLD, preferem abordar todas as divergências observadas na transposição didática encontradas nos livros didáticos como desvios conceituais. Justificam a escolha por essa denominação considerando que eles passam por uma avaliação prévia.

Mesmo assim, inconsistências, desvios e erros conceituais têm sido observados nos livros didáticos com relação aos caracteres humanos utilizados como exemplos de padrões de herança, que, por consequência, são repassados aos alunos. Conteúdos apresentados de forma equivocada e com excesso de simplificações na sua transposição didática têm implicações científicas e culturais importantes. A contextualização atrelada à utilização desses caracteres, quando apresentados com erros, desvios conceituais ou simplificações, pode gerar problemas associados a questões de familiaridade, grau de parentesco, entre outros. Pode também levar ao descrédito na informação científica, quando o aluno percebe, por exemplo, na inconformidade do que ele observa em sua família com informações simplificadas de que “pais de olhos claros não podem ter filhos de olhos castanhos” e de que “pais canhotos não podem ter filhos destros” (BAIOTTO; SEPEL; LORETO, 2016).

Dessa forma, os escassos referenciais para o tema proposto e as inconsistências observadas nos livros didáticos, que se somam aos potenciais prejuízos sociais que um ensino contextualizado de forma inadequada pode causar nos estudantes, justificam esta proposta. Este estudo teve por objetivo levantar e analisar a utilização de caracteres humanos como forma de contextualizar os padrões de herança nos livros didáticos referências para o Ensino Médio em Biologia.

Metodologia

A investigação se caracterizou quanto aos objetivos e o procedimento de coleta dos dados como exploratório e documental; com análise da utilização dos caracteres humanos na contextualização dos padrões de herança e na avaliação do contexto em que esses exemplos se inserem nos livros didáticos, referências para o Ensino Médio em Biologia.

A escolha dos livros para a análise teve como referência o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) (BRASIL, 2011). Os oito livros destacados no *Guia de Livros Didáticos do PNLD 2012 – Biologia* foram avaliados com relação à utilização dos caracteres humanos e identificados no texto como L1, L2 até L8 (Quadro1).

A coleta de dados para a análise documental se deu através de uma ficha de avaliação que considerou os seguintes aspectos: caracteres humanos tomados como exemplos pelos autores e o número de citações associadas a esse caráter, tanto no texto como nos exercícios. Assim, buscou-se identificar os conceitos utilizados para cada termo que representasse um

padrão de herança e sinônimas. Foram consideradas para a análise: a herança monogênica e poligênica, autossômica e ligada ao X e formas correlatas, herança dominante, recessiva e sem dominância, interação genética, alelos múltiplos e grupos sanguíneos, comparados a um referencial teórico (STRACHAN; READ, 2013; BORGES-OSÓRIO; ROBINSON, 2013) e ao banco de dados OMIM (2017). A análise da frequência com que os caracteres foram encontrados nas obras analisadas foi expressa em percentuais e representada em gráficos.

A descrição dos padrões de herança e dos caracteres humanos tomados como exemplos pelos autores dos livros analisados determinou a utilização de agrupamentos por similaridades, levando em conta sua pertinência e intenções da investigação, seguindo Bardin (2011), reunidos em quatro grupos: erro conceitual, desvio conceitual em relação à descrição, simplificação e descrição apropriada, definidos como:

- Erro conceitual – informação falsa e que não confere com referência utilizada.
- Desvio em relação à descrição (equivocos) – quando os exemplos utilizados na obra diferem significativamente em relação ao conceito descrito.
- Simplificação – a característica é informada na obra com um dado padrão de herança (geralmente multifatorial), mas utilizada como um exemplo de outro padrão (geralmente mendeliano simples). A simplificação na abordagem é assumida explicitamente pelos autores.
- Descrição apropriada – categoria em que o conceito está de acordo com a referência utilizada na avaliação.

Cabe destacar que determinados padrões de herança necessitaram ser enquadrados em diferentes categorias mesmo dentro da mesma obra. Toda descrição dos caracteres humanos foi comparada às referências já descritas. Problemas associados à transposição didática ou de falta de atualização foram evidenciados. Do mesmo modo, foram coletadas ressalvas ou observações dos autores que pudessem alertar os alunos e os professores quanto a erros nas concepções de herança apresentadas.

Resultados e discussão

Com relação à frequência dos caracteres humanos hereditários utilizados como exemplos pelos autores nos oito livros didáticos na contextualização do ensino de Genética, destacam-se, variando de 10 a 75 citações, o lóbulo da orelha, o albinismo, a fibrose cística, a fenilcetonúria, o daltonismo, a hemofilia e a produção de aglutinogênios A e B e o fator Rh. Com quatro ou mais citações, estão os caracteres: acondroplasia, a sensibilidade ao PTC (feniltiocarbamida), a polidactilia, a habilidade para destro ou canhoto, o gene para Alzheimer

precoce, a galactosemia, genes para altura, cor do olho e cor da pele. Podem ser incluídos ainda neste grupo a capacidade de enrolar a língua, a forma de implantação dos cabelos, a cor de olho e o fator MN.

Citadas com menor intensidade, foram identificadas características como o ângulo formado ao dobrar o polegar, a forma de cruzar as mãos e cruzar os braços, a miopia, a transpiração excessiva, a mecha branca nos cabelos, presença de sardas, a queratose, a catarata congênita, Tay Sachs, o raquitismo, a Síndrome de Marfan, a Coreia de Huntington, o prognatismo mandibular, a adrenoleucodistrofia (ALD), a textura do cabelo, a hipertricose e o peso.

Separados em capítulos como “herança do sexo” e “herança dos grupos sanguíneos”, encontram-se temas específicos de genética humana, e, nesse caso, os exemplos para contextualizar são obrigatoriamente relativos a caracteres humanos. Na herança recessiva ligada ao cromossomo X, citam-se, predominantemente, o daltonismo e a hemofilia, justificando o elevado número de citações desses caracteres. Na herança dos grupos sanguíneos não poderia ser diferente, toda a explicação e a contextualização se deram em função da herança dos principais fatores sanguíneos presentes na espécie humana, principalmente do sistema ABO e do sistema Rh.

Quando consideramos separadamente as características relativas à herança autossômica monogênica, percebe-se uma preferência significativa em utilizar caracteres humanos próximos e facilmente identificáveis, como a ausência de pigmentação da pele (albinismo). Seguem, na preferência dos autores, doenças como a fibrose cística e a fenilcetonúria e traços hereditários como a forma do lóbulo da orelha, a sensibilidade ao PTC, a habilidade destro/canhoto e a forma de implantação dos cabelos (Figura 1). Tomando o livro *Genética Molecular Humana* como referência (STRACHAN; READ, 2013), características mendelianas ou monogênicas podem ser atribuídas a um único par de *locus*, localizados em autossomos ou no cromossomo X ou no Y, podendo ser dominantes ou recessivos.

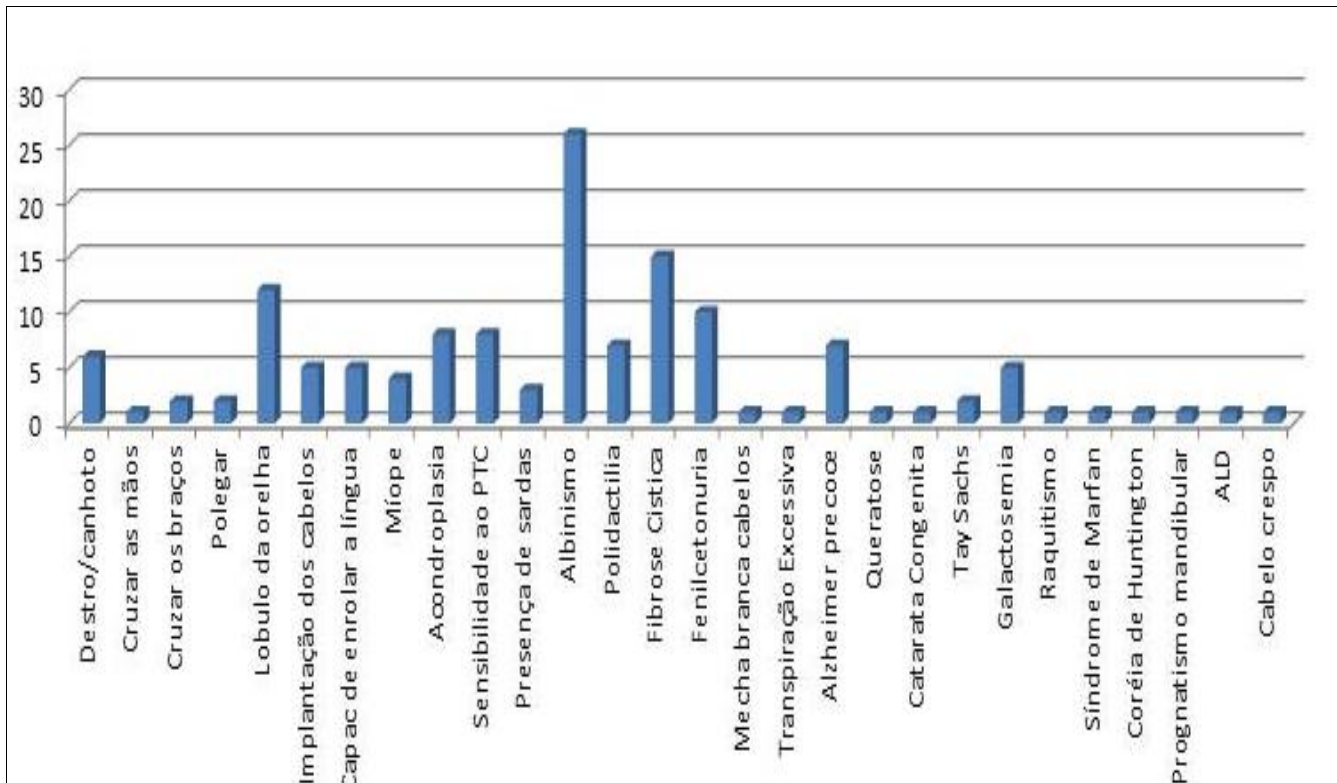


Figura 1. Número de citações de caracteres autossômicos monogênicos^(*)

Fonte: A autora (2017).

* de acordo com os livros avaliados.

Quando separados por obra, constata-se uma média de 3,2 ($\pm 1,97$) nas citações dos traços identificados (Figura 2) entre as oito obras disponibilizadas no PNLD 2012 (BRASIL, 2011). Algumas características como o albinismo e a fibrose cística estão presentes na contextualização de praticamente todos os autores.

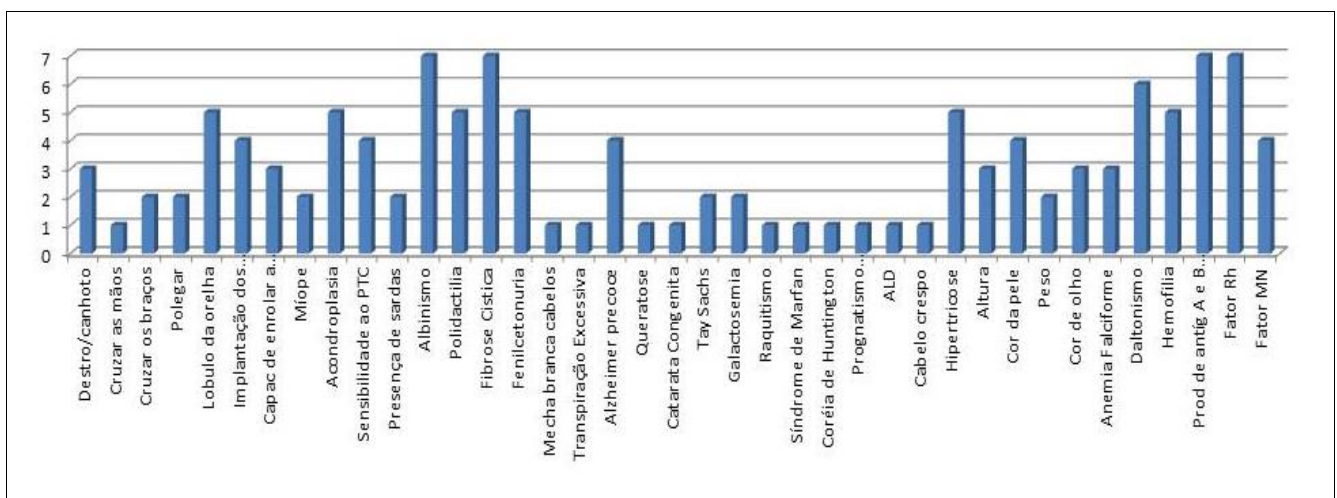


Figura 2. Número de livros que citam determinado exemplo de caráter humano^(*)

Fonte: A autora (2017).

* Total de oito livros no programa.

A fragmentação da análise dos caracteres humanos quanto à sua descrição como contextualização textual e como contextualização nos exercícios apresenta diferenças importantes. A maioria dos exemplos utilizados encontra-se na apresentação do conteúdo. Entretanto, o albinismo, a fibrose cística, a galactosemia, o gene para Alzheimer precoce, habilidade destro/canhoto e a cor do olho têm maior número de citações nos exercícios. Quando se considera a “herança do sexo” e dos “grupos sanguíneos”, em razão de estar em capítulos específicos, essa diferença aumenta significativamente (Figura 3).

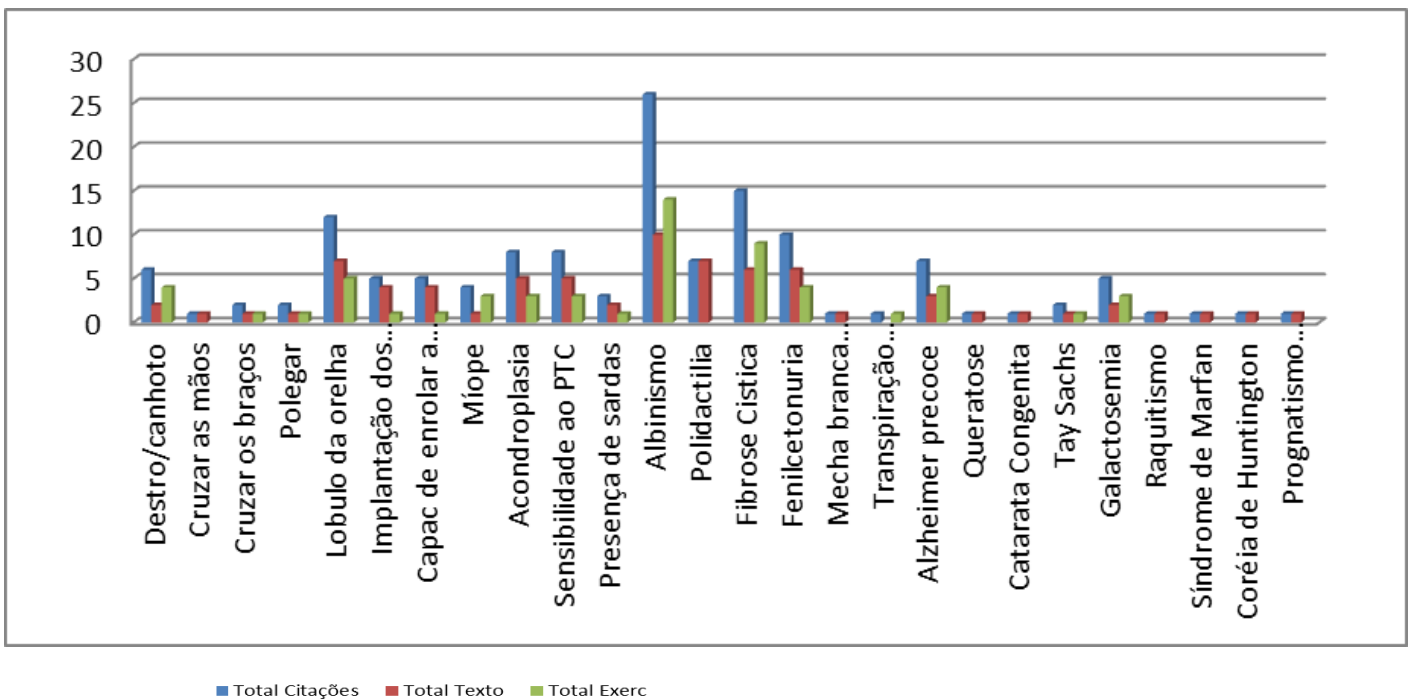


Figura 3. Número de citações de caracteres em relação à inserção no texto ou exercícios.
Fonte: A autora (2017).

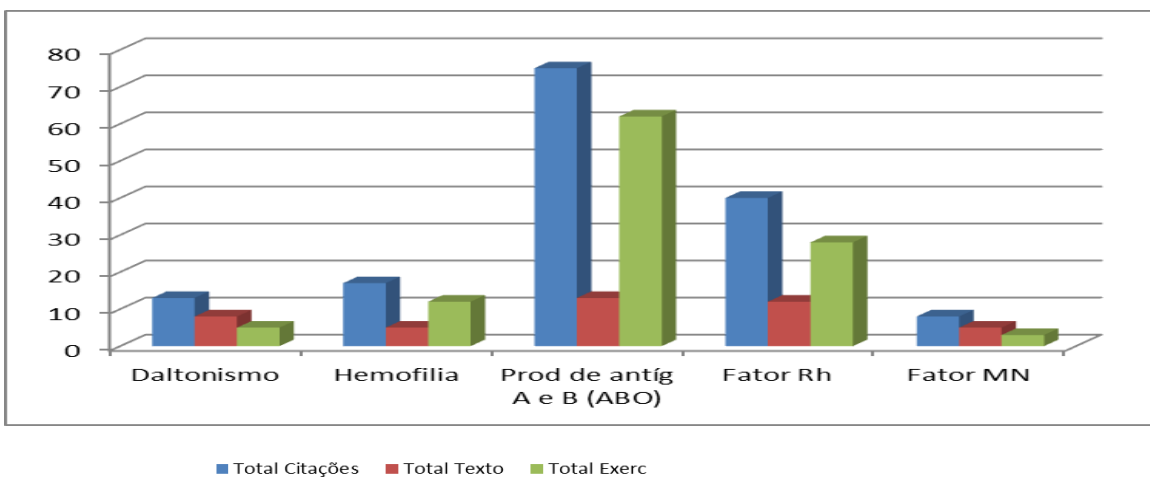


Figura 3. Número de citações de caracteres em relação a inserção no texto ou exercícios (continuação).
Fonte: A autora (2017).

O ensino de Genética no Brasil inicia com o mendelismo nas escolas de Agronomia em São Paulo na década de 1910 (ANDRADE, 2016). Ao final da década de 1950 e início de 1960, com a criação da Sociedade Brasileira de Genética (SBG) estimula-se a transferência dos conhecimentos de genética de drosófilas para estudos com genética humana. Inicia-se desta forma a constituição de departamentos de genética médica nas universidades, o que promove o início do ensino na área (SOUZA et al., 2013). Deste modo, considerando que o estudo da genética humana é bastante recente no Ensino Médio, utilizar os caracteres humanos hereditários representa uma forma de introduzir o cotidiano do aluno no processo de aprendizagem.

Nessa situação, contextualizar pode aproximar o conteúdo formal (científico) do conhecimento trazido pelo aluno (não formal), para que o conteúdo escolar se torne interessante e significativo (KATO; KAWAZAKI, 2011). Do mesmo modo, Lopes (2002) destaca a necessidade de envolver os aprendizes a partir de suas experiências e relacionadas ao seu contexto, de forma que se produza significado, favorecendo o processo de aprendizagem. Assim, a contextualização evocaria áreas, âmbitos ou dimensões presentes na vida pessoal, social e cultural, mobilizando competências cognitivas adquiridas e favorecendo a aprendizagem.

Esse modo de trabalhar o ensino de Genética está de acordo com os princípios e as condições de aprendizagem destacados por Ausubel (2003) com relação a: 1. utilização de materiais potencialmente significativos como as características pessoais e, nesse caso, observáveis em si, nos familiares e nos colegas; e 2. disposição para aprender, visto que desperta a curiosidade. Ausubel (2003) destaca que a aprendizagem se dá em cima do que se sabe, por isso, nesse caso, o conhecimento prévio pode ser um excelente precursor para a discussão do tema em sala de aula, como, por exemplo, a herança da cor dos olhos, do tipo de cabelo e da cor da pele.

Entretanto, questões culturais ou de senso comum, trazidas nesse contexto, podem dificultar ou desmotivar o ensino de Genética. Entre as informações disseminadas na população está a cor dos olhos, que vem de uma concepção de senso comum que pais de olhos claros não podem ter filhos de olhos escuros. Entende-se por escuro os olhos castanhos, e claros, azuis ou verdes. Esse consenso é desconstruído quando, no ensino de Genética, se atribui a esse caráter um padrão de herança poligênica (mais de um par de genes).

Situações diferenciadas podem ser vivenciadas pelo professor na contextualização acima. Primeiro, se o professor trabalhar na desconstrução de um conceito prévio de senso comum, vai encontrar dificuldades na contextualização, mas está ensinando da forma correta.

Nessa perspectiva, a herança de cor dos olhos não pode ser usada para exemplificar herança monogênica, como muitas vezes é utilizada. Por outro lado, se o professor consente nessa perspectiva de pais de olhos verdes, recessivos, não podem ter filhos de olhos escuros, associando o caráter a um padrão monogênico, mesmo com a justificativa de simplificação do conteúdo, esse aluno vai encontrar problemas ao se deparar com situações cotidianas contrárias ao que aprendeu, o que pode levar a um descrédito no ensino e na ciência como um todo. Ademais, a aplicação desses conceitos equivocados pode levar a problemas familiares, relativos a questionamentos de paternidade. Estas e outras situações observadas na análise das obras que podem suscitar esses equívocos merecem atenção e são descritas a seguir.

O caráter cor dos olhos é abordado de modo muito diferenciado pelos autores dos livros didáticos disponíveis no PNLD/2012. É descrito de forma apropriada por seis autores (86,5% dos sete que citam), de acordo com o referencial tomado como base (OMIM #227220), quando afirmam se tratar de interação genética, herança determinada por mais pares de genes. Um deles (L1) menciona a necessidade de simplificar, utilizando apenas os padrões claros e escuros. Entretanto, quatro deles (L4, L5, L6 e L8) apresentam, em outras partes da obra, os fenótipos azuis e castanhos como herança monogênica, com dominância do castanho sobre o azul, caracterizando-se como um desvio em relação à descrição (dois nos exercícios e dois deles no texto e nos exercícios). Dessa forma, 67% das obras que descrevem de forma apropriada esse padrão de herança fazem um emprego equivocado dessa característica nos exercícios ou em outras partes do texto.

O autor (L8), depois de utilizar a cor de olho de forma simplificada no capítulo de monoibridismo, descreve-o no capítulo de herança quantitativa como resultado da ação de três pares de genes, em que atribui a cor azul ao indivíduo albino (denominado como aa). Nesse caso, observa-se um erro conceitual bem importante. O autor L3 descreve de forma adequada, enfocando um padrão de herança complexa, sem detalhar o processo, assim como também não utiliza esse caráter como exemplo nos exercícios.

A incapacidade de sintetizar melanina (OMIM 203100 – albinismo oculocutâneo I) é atribuída à presença em homozigose de um alelo recessivo. Esse padrão de herança, embora descrito de forma apropriada em relação à referência por todos os autores, pode gerar confusão quando o autor simplifica o padrão e não menciona tratar-se de uma rota metabólica, pela qual mutações em genes diferentes, em pais albinos, permitem o nascimento de crianças com pigmentação normal.

A cor da pele é outro caráter atribuído à herança multifatorial, com a participação de mais pares de genes na produção do pigmento melanina e pela influência ambiental (OMIM

#227220). Cinco autores utilizam esse caráter como exemplo de herança poligênica, com descrição apropriada. No entanto, um deles associa a quantidade de melanina produzida com o gene responsável pela capacidade de produção, sugerindo que o indivíduo albino seja resultado de epistasia. De acordo com Strachan e Read (2013), a epistasia pode ser caracterizada como resultante da heterogeneidade de *locus*, ou seja, decorrente da ação de mais pares de genes, no qual um deles pode controlar ou impedir a ação do outro, nesse caso, a produção de melanina. Vários problemas se observam aqui, a mistura da quantidade de melanina produzida com a capacidade de produção e a confusão que se cria ao identificar o indivíduo de pele branca como indivíduo albino, o que não confere, visto que o albinismo é a condição determinada pela incapacidade de produção do pigmento para todas as regiões do corpo (pele, cabelo, sobrancelhas, olhos etc.).

A capacidade de enrolar a língua (OMIM 189300) é considerada um padrão de herança simples, determinada por um par de genes, mas que ainda necessita de estudos mais efetivos. Os autores que descrevem esse padrão tratam-no de forma apropriada, e apenas um deles (L1) faz uma ressalva, descrevendo uma possível influência da aprendizagem devido à elevada discordância entre gêmeos.

A lateralidade (OMIM%139900), também entendida como a habilidade que diferencia os indivíduos em destros e canhotos, é apontada mais recentemente como um padrão de herança multifatorial, ou seja, influenciada por componentes genéticos, culturais e ambientais. Estudos mais antigos relatados no OMIM destacam a lateralidade como um padrão de herança monogênico com domínio do destro sobre o canhoto, forma utilizada por 100% dos autores que utilizam esse caráter na contextualização. Apenas um autor (L1, p. 55), embora cite no texto de modo semelhante aos demais, faz essa reflexão de forma apropriada, na seção “Biologia & Cotidiano”, justificando a discordância encontrada em gêmeos idênticos. De certa forma, isso pode auxiliar na desconstrução de um conceito equivocado e repetido na escola que “pais canhotos não podem ter um filho destro” e justifica a ocorrência de indivíduos ambidestros, destacado também na obra L5.

A textura do cabelo é atribuída por L4 a um padrão de herança monogênica com dominância do crespo em relação ao liso. Embora essa informação esteja presente nos exercícios, trata-se de um erro conceitual que não considera as demais texturas intermediárias, observadas na população. Esse caráter é descrito no OMIM como de base molecular desconhecida que não segue a herança mendeliana clássica, monogênica (OMIM%139450).

A forma do lóbulo da orelha “preso ou solto” constitui um exemplo importante de padrão de herança herdado e facilmente identificado na população. Doze citações foram

encontradas em cinco obras diferentes, com predominância do texto em relação aos exercícios. É consenso entre os autores atribuir esse caráter a um padrão monogênico autossômico com dominância do lóbulo solto, embora desde 1965 entende-se como improvável essa versão (OMIM 128900) em decorrência das inúmeras variações observadas no lóbulo da orelha. Uma falta de atualização bem evidente nesta situação.

A hipertricose auricular, mesmo depois do Genoma Humano sequenciado, continua sendo um tema controverso nos livros didáticos. Citado em 71% das obras analisadas, divide-se entre autossômica com efeito limitado ao sexo (L7), ligada ao Y (L4), possível característica associada ao Y (L3) e de herança controversa, mas limitada ao sexo masculino (L1 e L6). Cabe destacar que esse caráter apresenta duas referências (OMIM 139500 e OMIM 425500), necessitando ainda de mais estudo a respeito. O encontro de mulheres com hipertricose limita as classificações dos autores e alerta com relação ao erro conceitual na descrição desse padrão de herança (EIDT, 2012).

Os genes envolvidos na produção de antígenos do sistema Rh são descritos por 87% dos livros analisados, com diferentes interpretações entre os autores. No banco de dados OMIM, a produção dos antígenos do sistema RH está atribuída a um gene para o antígeno D (RHD, OMIM 11680) e um segundo para os antígenos Cc e Ee (RHCE, OMIM 11700), localizados em direções opostas no cromossomo 1. Borges-Osório e Robinson (2013), dentre outros, descrevem a presença de mais pares de genes associados à expressão desses antígenos. Entretanto, o que se percebe nos livros, apesar de todas as informações atuais disponíveis, são erros conceituais ao atrelar esse tipo de herança a um par de genes com dominância (monibridismo) do Rh positivo e com os alelos “R” e “r” (L2, L3 e L4). Dois autores (L7 e L8) utilizam o fator Rh como exemplo de um par de genes com dominância no capítulo de monibridismo (erro conceitual), e ao descrever os grupos sanguíneos em capítulo separado, citam a presença de poligenes (descrição apropriada) e justificam que utilizam uma simplificação para representar o alelo D (mais expresso) ou o R (dominante).

Percebe-se ainda, mesmo com todos os recursos disponíveis e possibilidades de atualizações, registros de uma multiplicidade de informações a respeito dos padrões de herança. Para o mesmo caráter, podemos encontrar descrições apropriadas, erros conceituais, desvios em relação à descrição e simplificações. Os achados mais significativos entre as formas equivocadas de descrever os padrões de herança destacam-se na sequência: erros conceituais, desvios em relação à descrição e as simplificações. Cabe salientar que foram consideradas simplificações aquelas em que o autor se posiciona a respeito da utilização delas no texto.

Nos desvios avaliados, optou-se por considerar a diferença consistente da descrição em relação aos exercícios propostos e da utilização de diferentes explicações em diferentes capítulos da mesma obra, gerando uma compreensão errada acerca do padrão de herança, ampliando as dificuldades na aprendizagem futura. Franzolin e Bizzo (2015), ao categorizarem os desvios encontrados na transposição didática do conhecimento acadêmico para o livro didático com relação aos temas meiose, Leis de Mendel e expressão gênica, descrevem os desvios conceituais como os equívocos mais comumente encontrados, caracterizados quando a descrição do processo é significativamente diferente da apresentada na referência. Neste estudo, optou-se por identificá-los como erros conceituais, visto que não estão de acordo com a referência utilizada, comprometendo a compreensão dos processos descritos. Cabe retomar que, neste estudo, o termo “desvio” foi utilizado sempre que o autor utilizou concepções diferentes a respeito do mesmo traço hereditário humano dentro da mesma obra.

As maiores discrepâncias foram encontradas em características humanas que constituem herança poligênica, ou seja, determinadas por dois ou mais pares de genes, mas descritas como monogênica pelos autores de forma simplificada, errada ou desatualizada. Caracteres poligênicos tratados de forma monogênica buscam, muitas vezes, criar “problemas de probabilidade”, a serem resolvidos como atividades de ensino de genética.

A “genética mendeliana”, com a utilização de exemplos de caracteres humanos, atrai e mantém o foco dos alunos. No entanto, essas simplificações, esses desvios e erros conceituais, tanto por parte dos autores como dos que se utilizam do livro como referência, isto é, professores e alunos do Ensino Médio, levam a inconsistências no processo de aprendizagem (BAIOTTO; SEPEL; LORETO, 2016). Nossa preocupação com o uso de modelos simplificados para explicar padrões de herança complexa é compartilhada por um dos autores (L1, p. 41), ou citada pelos autores (L5) e (L8), que afirmam que a maioria das características humanas tem herança complexa, com influência de mais genes.

A Genética Humana é muito recente no ensino de Biologia do Ensino Médio e esteve de certa forma mais relacionada às doenças. Casagrande (2006), ao avaliar o tema “doença genética” nos livros didáticos, identificou informações descontextualizadas, desatualizadas e até incorretas. Descreve que as imagens de doenças genéticas são passadas como incapacitantes, sem tratamento e associadas a retardo mental e graves malformações físicas. Essas doenças, geralmente muito raras, estão sendo substituídas por traços hereditários mais visíveis e interessantes em termos de contextualização.

A utilização dos termos “afetado” e “normal” se constitui em outro obstáculo epistemológico no ensino de Genética. Esses termos, observados, principalmente, nas genealogias e nos exercícios, evitam equívocos com relação às doenças, cujo padrão de herança se desconhece, mas determinam problemas graves atrelados à generalização do termo “normal”, bem mais difíceis de serem desconstruídos, visto que o afetado pode ser apenas um portador de um caráter qualquer.

Outra questão bastante complexa observada está atrelada ao fato de os autores das obras analisadas descreverem todos os sistemas sanguíneos dentro de um capítulo denominado “Alelos múltiplos”, o que por si só já é confuso, porque todos têm um padrão de herança diferenciado. Somado a isso, L6 trata dos antígenos C, D e E (sistema Rh) como alelos múltiplos, e não como poligenes, erro conceitual grave, confundindo ainda mais os leitores.

A transposição didática somada a uma falta de atualização periódica parece ainda ser a principal responsável pelas contextualizações com erros, desvios, simplificações e demais equívocos observados. Toledo e Ferreira (2015, p. 242), ao avaliarem erros conceituais em evolução e diversidade biológica, encontraram um grande número de equívocos que, segundo os autores, “podem propiciar a criação de obstáculos epistemológicos, fortalecidos pelo uso de analogias e imagens concretas no tratamento de um modelo teórico que envolve diferentes fenômenos abstratos”. Eles destacam que a transposição não significa uma simplificação, e esses equívocos podem levar à compreensão errada dos conhecimentos científicos e dificuldades de aprendizagem futura.

Considerações finais

A frequência de utilização de caracteres humanos hereditários no ensino de Genética tem se ampliado de forma considerável em decorrência da necessidade de contextualizar o ensino e aproximá-lo do cotidiano, valorizando, assim, as questões sociais e culturais. Traços hereditários têm se destacado nas versões mais atuais dos livros didáticos, na contextualização do ensino, em função de que aproximam os leitores do seu dia a dia em relação a outros caracteres de animais e vegetais, distantes e pouco significativos para o aluno do Ensino Médio.

Dificuldades associadas à falta de atualização de muitos professores, problemas na transposição didática do livro para a sala de aula e da utilização do livro didático como principal referência se refletem nas inconsistências, nos desvios e equívocos encontrados com relação ao padrão de herança dos caracteres humanos, podendo se constituir em obstáculos

epistemológicos, que dificultam ou entram em choque com o conhecimento científico, cultural e social discutido na sala de aula.

Os erros conceituais, os desvios em relação à descrição e o excesso de simplificações identificados nesta avaliação comprometem significativamente o ensino de genética. Podem causar o distanciamento e descrédito à disciplina em decorrência dos equívocos implícitos nessas simplificações, visto que esses traços podem ser facilmente observáveis em si mesmo e em seus familiares.

Entende-se como necessária a contextualização no ensino de Genética através da utilização dos caracteres humanos hereditários, no entanto, sugere-se maior cuidado dos autores ao utilizar simplificações e generalizações; mais atenção dos professores ao fazer a transposição didática e a contextualização no ensino; redução da utilização do livro didático como única fonte de consulta e material de aula e a utilização de metodologias diferenciadas de ensino, em que o aluno se torne o protagonista do seu processo de aprendizagem, investigando e avaliando traços hereditários humanos de herança monogênica reconhecida. Por fim, a atualização deve ser uma constante entre os professores que atuam na rede básica e entre os autores dos livros, responsáveis diretos pelo ensino de Genética a partir da implantação do PNL D.

Referências

ANDRADE, R.O. Raízes da genética no Brasil: Ensino do mendelismo começou nas escolas de agronomia de São Paulo na década de 1910, com Carlos Teixeira Mendes. **Pesquisa FAPESP**, v. 247, n. 91, 2016.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Editora Plátano, 2003.

BADZINSKI, C.; HERMEL, E. E. S. A representação da genética e da evolução através de imagens utilizadas em livros didáticos de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, 2015, p. 434-454. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172015170208>.

BAIOTTO, C. R.; SEPEL, L. M. N.; LORETO, É. L.S. Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelhas. **Genética na Escola**, v. 11, p. 286-293, 2016. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_2cdb152d15264daf9419bc8a9c60b654.pdf. Acesso em: 20 ago. 2017.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BITTENCOURT, C. M. F. Em foco: história, produção e memória do livro didático. **Educação e Pesquisa**, v. 30, n. 3, p. 471-473, 2004. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-97022004000300007>.

BIZZO, N. **Mais Ciência no Ensino Fundamental: metodologia de ensino em foco**. São Paulo: Editora do Brasil, 2009.

BORGES OSÓRIO, M. R.; ROBINSON, W. M. **Genética humana**. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, Editora da Universidade UFRGS, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **Guia de Livros Didáticos: PNLD 2012 – Biologia**. Brasília: MEC/SEF, 2011.

_____. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **Guia de Livros Didáticos: PNLD 2012 – Biologia**. Brasília: MEC/SEF, 2008.

_____. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000.

CAMARGO, S. S.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. A genética humana no Ensino Médio: algumas propostas. **Genética na Escola**, v. 2, n. 1, p. 14-16, 2007. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_213a6a6514ba4157b7327c516b634d33.pdf. Acesso em: 31 ago. 2017.

CASAGRANDE, G. L. **A genética humana no livro didático de biologia**. 2006. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. Buenos Aires: Aique, 1997. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242760000_La_transposicion_didactica_Del_saber_sabio_al_saber_ensenado. Acesso em: 21 ago. 2017.

EIDT, L. M. **Manifestações dermatológicas em idosos internados e institucionalizados de Porto Alegre-RS**. 2012. 148 f. Tese (Doutorado em Gerontologia Biomédica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2012. Disponível em: <http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/3702/1/000440855-Texto%2bCompleto-0.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2017.

FERREIRA, P.; JUSTI, R. S. A abordagem do DNA nos livros de biologia e química do ensino médio: uma análise crítica. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 6, n.1, p.1415-2150, 2005. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172004060104>.

FRANZOLIN, F.; BIZZO, N. Types of Deviation in Genetics Knowledge Presented in Textbooks Relative to the Reference Literature. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 167, 2015, p. 223-228. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.666>.

_____; _____. Conceitos de biologia em livros didáticos de Educação Básica e na Academia: aproximações e distanciamentos. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUDESTE, IX, 2009, São Carlos. **Anais...**, São Carlos, 2009.

FRANZOLIN, F.; TOLENTINO-NETO, L. C. B.; BIZZO, N. Generalizações que distanciam os conhecimentos dos livros didáticos das referências em Genética. **Investigações no Ensino de Genética. Genética na Escola**, v. 9, n. 2, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luiz_Tolentino-

Neto/publication/268216054_Generalizacoes_que_distanciam_os_conhecimentos_dos_livros_didaticos_das_referencias_em_Genetica/links/5464fefc0cf25b85d17d23b9/Generalizacoes-que-distanciam-os-conhecimentos-dos-livros-didaticos-das-referencias-em-Genetica.pdf. Acesso em: 21 ago. 2017.

GAMBARINI, C.; BASTOS, F. A utilização do texto escrito por professores e alunos nas aulas de Ciências. In: NARDI, R.; ALMEIDA, M. J. P. M. (Orgs.). **Analogias, leituras e modelos no ensino da ciência: a sala de aula em estudo**. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 93-115.

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 1, p. 35-50, 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132011000100003>.

LA ROSA, J.; FERREIRA, B. W.; RODRIGUES, E. Z.; RAMOS, M. B. **Psicologia e educação: o significado de aprender**. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1998.

LIMA, J. F. L.; PINA, M. S. L.; BARBOSA, R. M. N.; JÓFOLI, Z. M. S. A contextualização no ensino de cinética química. **Química Nova na Escola**, n. 11, p. 27-29, 2000. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a06.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2017.

LOPES, A. C. Os parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio e a submissão ao mundo produtivo: o caso do conceito de contextualização. **Educação & Sociedade**, v. 23, n. 80, p. 386-400, 2002. doi: 10.1590/S0101-73302002008000019.

LORETO, É. L. S.; SEPEL, L. M. N. A escola na era do DNA e da Genética. **Ciência e Ambiente**, v. 26, p. 149-156, 2003.

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, 2009. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132009000300009>.

NOVAK, J. D. Uma teoria de educação: aprendizagem significativa subjacente à integração construtiva de pensamentos, sentimentos e ações levando ao empoderamento para compromisso e responsabilidade. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, v. 1, n. 2, p. 1-14, 2011. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID7/v1_n2_a2011.pdf. Acesso em: 28 ago. 2017.

ONLINE MENDELIAN INHERITANCE IN MAN (OMIM). **An Online Catalog of Human Genes and Genetic Disorders**. 2017. Disponível em: <http://www.omim.org/>. Acesso em: 30 ago. 2017.

PAIVA, A. L. B.; MARTINS, C. M. C. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 3, p. 182-201, 2005. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172005070303>.

PIMENTEL, J. R. Livros didáticos de Ciências: a Física e alguns problemas. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 3, p. 308-318, 1998. doi: <http://dx.doi.org/10.5007/%25x>.

SANTOS, V. C.; EL-HANI, C. N. Ideias sobre genes em livros didáticos de biologia do ensino médio publicados no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em**

Ciências, v. 9, n. 1, 2009. Disponível em:

<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2209/1608>. Acesso em: 28 jul. 2017.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N. A história da ciência como aliada no ensino de genética.

Genética na Escola, v. 1, n. 1, p. 17-18, 2006. Disponível em:

http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_6418c0f6af7d445bbd186c47852833e5.pdf. Acesso em: 26 jul. 2017.

SOARES, K. C.; PINTO, M. C.; ROCHA, M. O. **Cada locus por si mesmo**: por onde andam esses genes? Genética na sala de aula: estratégias de ensino e aprendizagem. Rio de Janeiro: PROMED/UFRJ, 2005.

SOUZA, V.S. et al. História da genética no Brasil: um olhar a partir do Museu da Genética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Fontes**. v. 20, n.2, p. 675 – 694, 2013.

STRACHAN, T.; READ, A. **Genética molecular humana**. Tradução de A. B. Marisini *et al.* 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TOLEDO, E. J. L.; FERREIRA, L. H. Transposição didática como reforço de obstáculos epistemológicos em livro texto e em experimentos didáticos. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 2, 2015. Disponível em:

http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen14/REEC_14_2_6_ex964.pdf. Acesso em: 26 jul. 2017.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

Quadro 1 – Lista de livros – Guia de livros didáticos: PLND2012: Biologia/Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Nome da Obra		Autor(es)	Editora
L1	Biologia Hoje	Fernando Gewandsnajder Sérgio de Vasconcellos Linhares	Ática
L2	Biologia	Gilberto Rodrigues Martho José Mariano Amabis	Moderna
L3	Ser Protagonista Biologia	André Catani Antonio Carlos Bandouk Elisa Garcia Carvalho Fernando Santiago dos Santos João Batista Vicentim Aguilar Juliano Viñas Salles Maria Martha Argel de Oliveira Tatiana Rodrigues Nahas Silvia Helena de Arruda Campos Virgínia Chacon	Edições SM
L4	Bio	Sônia Lopes Sérgio Rosso	Saraiva
L5	Biologia	César Sezar Caldini	Saraiva
L6	Biologia	Pezzi Gowdak Mattos	FTD
L7	Biologia para a Nova Geração	V. Mendonça J. Laurence	Nova Geração
L8	Novas Bases da Biologia	Nélio Bizzo	Ática

Fonte: A autora, adaptado de BRASIL (2011).

3.3 ENSINAR PADRÕES DE HERANÇA MENDELIANOS UTILIZANDO CARACTERES HUMANOS – PERCEPÇÃO DOS PROFESSORES

Conhecer as concepções dos professores que atuam no ensino de Genética em escolas da rede pública de ensino a respeito da utilização dos caracteres humanos como forma de contextualização no ensino dos padrões de herança possibilita avaliar as vantagens e dificuldades associadas a essa forma de contextualizar Genética mendeliana.

O contato com as escolas garantiu uma amostra considerável, utilizando como instrumento para a coleta dos dados uma ficha de entrevista, cujos resultados foram analisados e serviram de base para a construção do manuscrito 2, a seguir.

3.3.1 Manuscrito 2

Manuscrito 2: “Ensinar padrões de herança mendelianos utilizando caracteres humanos – percepção dos professores”.

Submetido para avaliação em 03/09/2017 e com aceite em 21/09/2017.

Revista *Contexto & Educação*.

Ensinar padrões de herança mendelianos utilizando caracteres humanos – percepção dos professores

Teaching mendelian patterns of inheritance using human characters – teacher perception

Resumo

Inúmeras dificuldades estão atreladas ao ensino dos padrões de herança. Destacam-se a extensa lista de conceitos, os cálculos associados às perspectivas de segregação desses padrões de herança e a falta de contextualização relacionada a essa temática. Para aumentar o interesse e a motivação os professores recorrem à utilização de caracteres humanos como exemplos na contextualização de padrões de herança monogênicos. Uma entrevista a 94% dos professores de Biologia (n =17) da rede básica de ensino do município de Cruz Alta (RS, Brasil) buscou verificar como eles avaliam essa situação. Percebe-se um consenso entre os entrevistados com relação a essas dificuldades, que destacam a necessidade de utilizar caracteres humanos, considerando que estes despertam a curiosidade natural, utilizam os conhecimentos prévios e o cotidiano dos alunos, resgatam questões culturais atreladas à transmissão de características e tornam a aprendizagem mais efetiva. Descrevem que o melhor aproveitamento dos alunos está associado à curiosidade e ao interesse despertado pelo tema. Embora a utilização de caracteres humanos herdados tenha um efeito positivo significativo no ensino de Genética, acarreta dificuldades como a possibilidade de gerar constrangimentos associados a questões de familiaridade e grau de parentesco, descrédito na informação científica devido à inconformidade familiar e exige do professor uma constante atualização.

Palavras-chave: Ensino de Genética. Mendel. Caracteres Humanos. Professores.

Abstract

Numerous difficulties are linked to the teaching patterns of heredity. We highlight the extensive list of concepts, the calculations associated with the perspectives of segregation of these inheritance patterns, and the lack of contextualization related to this theme. To increase interest and motivation teachers use the use of human characters as examples in the contextualization of monogenic inheritance patterns. An interview with 94% of the Biology teachers (n = 17) of the basic education network of the city of Cruz Alta (RS, Brazil), sought to verify how they evaluate this situation. It is perceived consensus among respondents with regard to these difficulties highlight the need to use human characters, whereas these awaken the natural curiosity, using prior knowledge and the daily lives of students, rescuing cultural issues linked to transmission characteristics and make learning. They describe that the best use of students is associated with curiosity and interest aroused by the theme. Although the use of inherited human characters has a significant positive effect on the teaching of genetics, it entails difficulties such as the possibility of generating constraints associated with familiarity and degree of kinship, discrediting of scientific information due to family nonconformity, and requiring the teacher to constantly update.

Keywords: Genetic Education. Mendel. Human Characters. Teachers.

Introdução

Apesar de presente na mídia e inserida nas falas corriqueiras da população, a Genética tem sido apontada como um dos componentes curriculares no qual se concentram as maiores

dificuldades no ensino de Biologia. Diferentes autores têm relatado as dificuldades observadas com ênfase ao campo da Genética. Entre elas, destacam-se: a falta de contextualização e excesso de memorização (MOURA *et al.*, 2013; BEZERRA; GOULART, 2014); concepções errôneas, sob o ponto de vista científico, de alunos de Ensino Médio (PAIVA; MARTINS, 2005); distanciamento entre a produção do conhecimento e a atualização dos materiais didáticos (LORETO; SEPEL, 2003); nível de conhecimento em estudantes de Ensino Médio (GIACÓIA, 2006), dificuldades conceituais (TSUI; TREAGUS, 2007; INFANTE-MALACHIAS *et al.*, 2010; SMITH; KNIGHT, 2012) e dificuldades de aprendizagem (CIMER, 2012).

Knippels, Waarlo e Boersma (2005), ao identificarem as dificuldades conceituais relativas ao ensino de Genética, organizaram-nas em dez categorias. Duas se destacam no ensino de Genética: a complexidade e o nível de abstração necessários para o entendimento da disciplina. Não usar contextos de vida cotidiana ou problemas que têm relevância pessoal ou social amplia, na percepção dos autores, a abstração e determina uma perda de motivação entre os estudantes. Sugerem, desse modo, iniciar o conteúdo com o que os alunos estão familiarizados (o indivíduo), observando semelhanças e diferenças entre os traços da sua família.

Os elevados níveis de abstração exigidos para a construção do conhecimento em Genética e a reduzida utilização de recursos didáticos têm gerado desinteresse, dificultando a contextualização e a compreensão dos inúmeros conceitos necessários ao entendimento dos padrões de herança em Genética (CASTELÃO; AMABIS, 2008).

As dificuldades relacionadas à compreensão no ensino de Genética podem, no entanto, ser minimizadas se houver possibilidade de aumentar o interesse dos alunos com relação ao tema desenvolvido (MALAFAIA; BÁRBARA; RODRIGUES, 2010) pelo uso de modelos didáticos que favoreçam a concepção da ciência como uma construção sócio-histórico-cultural, ao mesmo tempo em que auxiliam na compreensão dos conceitos fundamentais da disciplina (SCHEID; FERRARI, 2006).

Kato e Kawasaki (2011) complementam que a fragmentação dos conteúdos do seu contexto de produção exige trazer a vivência dos alunos para o contexto de aprendizagem a partir de diferentes momentos do seu cotidiano, identificando situações e fenômenos vivenciados, possibilitando assim, uma melhor contextualização dos conceitos de modo a tornar o ensino mais efetivo.

A contextualização pedagógica do conteúdo científico pode ser visualizada através da concretização dos conteúdos curriculares, de modo a torná-los socialmente mais relevantes

(SANTOS, 2007). Kato e Kawazaki (2011), ao avaliarem as diferentes concepções de contextualização do ensino, agruparam elas em três grupos: a) relacionadas ao cotidiano do aluno; b) relacionadas à(s) disciplina(s) escolar(es); c) relacionadas aos contextos histórico, social e cultural.

A utilização de caracteres humanos herdados favorece o processo de aprendizagem, visto que utiliza questões pessoais do aprendiz e parte de um cenário de informações a respeito de herança presente no senso comum, atendendo às categorias descritas acima. A existência de conceitos prévios e as características observáveis em si próprios como forma de contextualizar o ensino dos padrões de herança na Genética possibilitam a construção do conhecimento e permitem que a aprendizagem se torne significativa, como descrita por Novak (2011).

A necessidade de contextualização, apontada como imprescindível e necessária nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio para o desenvolvimento das competências e habilidades (BRASIL, 1999), vem progressivamente reforçando a discussão e ampliando a utilização de caracteres humanos hereditários no ensino de “genética mendeliana”, valorizando as questões pessoais, sociais e culturais. Nesse sentido, traços hereditários humanos vêm se destacando nas versões mais atuais dos livros didáticos, na contextualização do ensino de Genética, em função de que aproximam os leitores do seu dia a dia em relação a outros caracteres de animais e vegetais, distantes e pouco significativos para o aluno do Ensino Médio (BAIOTTO; SEPEL; LORETO, 2016).

Ensinar padrões de herança com a utilização de exemplos de caracteres humanos atrai e mantém o foco dos alunos. No entanto, simplificações, desvios e erros conceituais implícitos nos livros didáticos referências para o Ensino Médio (PNLD) podem ampliar as dificuldades nesse campo da Genética (BAIOTTO; SEPEL; LORETO, 2016).

Além disso, concepções alternativas têm se revelado importantes dificuldades no ensino de Genética. Evidências importantes de que conceitos e ideias preexistentes geram dificuldades no entendimento de conteúdos considerados complexos, relativos à hereditariedade, foram estudos envolvendo alunos do Ensino Médio por Paiva e Martins (2005) e Cirne e Costa (2015). Estudos de Altunoolu e Seker (2015), em acadêmicos de cursos de licenciatura, demonstram que as concepções alternativas estão presentes nesse grupo e, provavelmente, acompanham o professor em sua trajetória profissional. Destacam que os professores, que deveriam ter a literacia científica para trabalhar as questões relativas aos novos conceitos em Genética, são, na verdade, um dos motivos de equívocos dos estudantes.

Da mesma forma, Infante-Malachias *et al.* (2010), ao avaliarem estudantes ingressantes dos cursos de graduação da área da saúde com relação ao nível de compreensão de Genética Básica, relatam que os acadêmicos participantes da pesquisa não foram capazes de responder 30% das questões e, quando o fizeram, demonstraram conhecimento distorcido acerca da Genética, dos seus conceitos e, principalmente, das interações entre eles.

Cabe salientar que a atuação do professor na sala de aula está diretamente relacionada às concepções que possui a respeito do processo de ensino-aprendizagem, de ciência, de educação, bem como das concepções pertinentes à sua área de atuação (PIMENTA; GONÇALVES, 1992). Como agentes transformadores no ensino, essas concepções influenciam na seleção de conteúdos, na contextualização ou descontextualização dada a eles e na relação aluno-conteúdo-professor.

Diante desse quadro, entendeu-se como prioridade conhecer as concepções dos professores a respeito da utilização dos caracteres humanos como forma de contextualização no ensino dos padrões de herança. Problemas de transposição didática e dependência do livro para o planejamento, execução e retomadas das atividades também foram objetos de questionamentos e reflexões importantes na construção deste relato.

Material e métodos

Os sujeitos desta pesquisa foram os professores de Biologia da Rede Básica de Ensino, pertencentes a 9ª Coordenadoria Regional de Educação (CRE) do município de Cruz Alta/RS. Foram incluídos nesta amostra todos os professores de Biologia das sete escolas públicas que oferecem o Ensino Médio. Dos professores contatados através da CRE e das direções das escolas, 94% (n=17) consentiram em participar da pesquisa.

O instrumento utilizado para a coleta dos dados foi um questionário semiestruturado com perguntas abertas e fechadas aplicadas sob a forma de entrevistas individuais, que permitem identificar percepções que os professores possuem em relação ao uso de caracteres humanos no ensino de Genética e outros aspectos pertinentes à proposta (livros, modo de utilização, dificuldades no ensino de Genética, entre outros). A entrevista permite uma comunicação mais próxima com o entrevistado, facilitando a comunicação (RICHARDSON, 1999) e permitindo explorar pontos de interesse ao longo de seu curso (GIL, 2002).

Os professores convidados a participar da coleta de dados foram previamente informados dos seus objetivos e, após a leitura, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) do projeto, com registro no CAAE - 20573613.0.0000.5322 (Certificado de Apresentação para Apreciação Ética).

O estudo tem uma abordagem qualitativa do tipo descritiva e exploratória. Gaskell (2002) afirma que a pesquisa qualitativa fornece dados para a compreensão detalhada das crenças, atitudes, dos valores e da motivação em relação aos comportamentos dos indivíduos em contextos sociais específicos. De acordo com Bardin (2011), permite inferir conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens.

As entrevistas foram transcritas na sua totalidade, posteriormente reunidas em blocos por temas (categorias) e depois quantificadas. Segundo Bardim (2011), a categorização permite reunir um maior número de informações à custa de uma esquematização e assim correlacionar classes de acontecimentos para ordená-los. Questões mais específicas voltadas à utilização dos caracteres humanos no ensino de Genética, com categorias predeterminadas, possibilitaram conhecer a utilização dos caracteres humanos no ensino de Genética, suas dificuldades e em que situações de aprendizagem utilizam esses caracteres na contextualização de herança monogênica.

Questões gerais com relação ao tempo de atuação, local de formação e experiência na área da Genética também foram contempladas no instrumento de avaliação, a fim de estabelecer o perfil dos profissionais que atuam no Ensino Médio, mais especificamente no ensino de Genética.

Resultados e discussão

A heterogeneidade característica dos padrões de herança humanos pode ser observada entre os entrevistados, principalmente no que se refere à experiência no ensino e tempo de atuação na área. Destacou-se a experiência no ensino de Biologia, que oscila de 1 a 28 anos de atividade, com uma média de 9,67 ($\pm 7,7$), sendo que 46,5% destes têm menos de cinco anos no ensino. Com relação à atuação deles no ensino de Genética, a proporção não é muito diferente, a média de tempo de experiência na área corresponde a 5,8 ($\pm 5,2$), com 66,66% de professores com menos de cinco anos de experiência.

A inclusão das escolas de Ensino Médio a partir de 2004 no Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) facilitou o acesso do professor aos livros disponibilizados desde 2006 às escolas (BRASIL, 2008; EL-HANI; ROQUE; ROCHA, 2011). Nesse quesito, quando questionados com relação à utilização do livro didático, cabe destacar que todos os professores entrevistados utilizam os livros que chegam à escola pelo programa.

Quando questionados sobre o modo como utilizam o livro didático, categorias preestabelecidas definiram os grupos de respostas (texto diário, referência, complementação ou outra), constatando-se que são unânimes em responder que utilizam como referência diária em seus planejamentos e desenvolvimento das aulas. Ainda, 74% deles descreveram a utilização de forma complementar, ou seja, aproveitam os tópicos extras como leituras, curiosidades e demais sugestões no seu planejamento diário; 27% dos professores ainda mencionam especificamente a utilização dos exercícios sugeridos pelo autor.

Com relação à adoção como livro-texto, apenas 20% deles, embora utilizem o livro em seu planejamento, não o citam como livro-texto ou de referência, mas dizem fazer as atividades propostas e os exercícios como complementação da aula (Figura 1). Salienta-se que o fato de as escolas receberem a cada três anos novos exemplares permite que os professores utilizem outras coleções como forma de pesquisa, exercícios e demais atividades complementares. Desse modo, percebe-se que o livro didático ocupa um lugar de destaque no aprendizado de Genética.

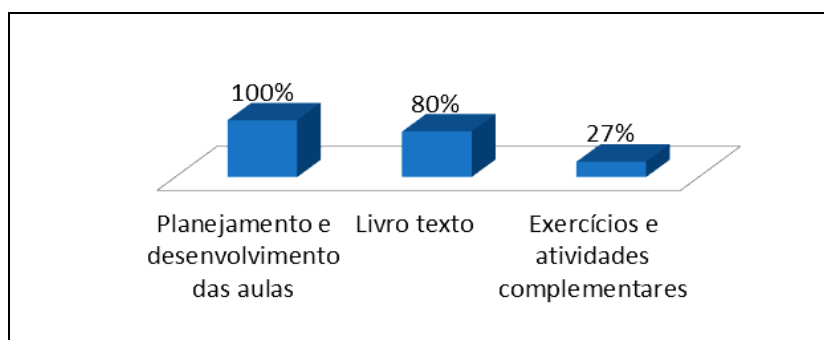


Figura 1. Utilização do livro didático pelos professores no ensino de Biologia

Maia e Vilani (2016) afirmam que quanto menor é a formação específica do professor na área, maior é a sua dependência do livro didático, pois, entre outros aspectos, essa ferramenta proporciona segurança e é um facilitador para atuação didática, especialmente para aqueles que ensinam em turnos e instituições diferentes. Inúmeras outras discussões acerca dos livros didáticos em relação a conceitos ou temas específicos de genética refletem a importância assumida pelo livro no ensino como suporte no planejamento, na organização e execução das aulas (GARCIA; BIZZO, 2010; EL-HANI; ROQUE; ROCHA, 2011; FRANZOLIN; TOLENTINO-NETO; BIZZO, 2014; FRANZOLIN; BIZZO, 2015).

O grau de confiabilidade no livro didático utilizado (nem sempre o escolhido no processo seletivo do PNL) é outro fator importante. Destacam-se quatro grupos de respostas entre os professores entrevistados: 53,3% confiam plenamente em todas as informações

apresentadas nos livros; 26,6% descrevem esse grau de confiança como “quase sempre”, ou seja, questionamento de aluno ou tópico muito discrepante leva a buscar informações a respeito do apontamento do livro, 13,5% indicam que nem sempre confiam nas informações e um professor descreve que não confia mais, em decorrência de experiências pessoais no ensino relativas a questionamentos inusitados ou fora do comum por parte dos alunos (Figura 2).

Quando indagados se já tiveram desconfiança no texto dos livros, as respostas se contradizem um pouco em relação à anterior, sendo que 33,4% nunca tiveram alguma dúvida com relação às informações descritas nos livros didáticos; 20% relatam ter dúvida e 46,6% descrevem que, sim, já tiveram desconfiança (Figura 3).

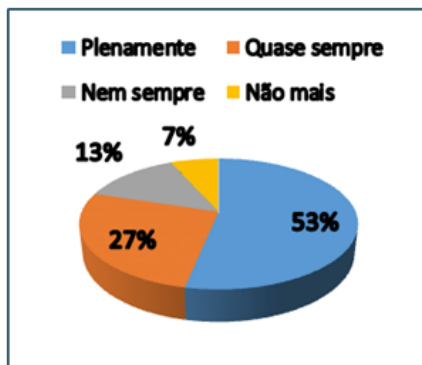


Figura 2. Nível de confiabilidade no livro didático



Figura 3. Nível de desconfiança em relação ao livro didático

Sempre que precisaram resolver dúvidas pessoais ou questionamentos de alunos com relação ao texto do livro didático, 74% dos professores resolveram com a ajuda de outros livros didáticos da área, 60% afirmam utilizar a Internet como fonte de pesquisa e 6% ainda se utilizam de informações do colega para tirar as dúvidas (Figura 4). Quando se fragmentam os dados relativos à busca de informações na Internet, percebe-se que poucos (6%) dão ênfase à necessidade de buscar essas informações em artigos, 6% citam *sites* ligados ao ensino, como Sociobiologia e Infoescola e os demais utilizam informações disponíveis no Google de forma geral.

Duas preocupações emergem do questionamento acima. A primeira reforçada pela grande dependência do livro didático, tendo em vista o longo *delay* entre a produção do conhecimento científico e as tecnologias associadas e a transposição didática necessária para a produção do livro. A segunda atrelada à transposição desse saber de modo a torná-lo mais compreensível, utilizando, para tanto, analogias, desvios conceituais e excesso de simplificações que ampliam esse distanciamento e podem se transformar em obstáculos

epistemológicos, visto que são assumidos pelos professores como verdades científicas (FRANZOLIN; BIZZO, 2015).

Com relação à transposição é necessário considerar que o conhecimento científico, identificado como “saber sábio” (objeto do saber), ao ser definido como um conteúdo escolarizável passa por um processo de transposição, tendo sua linguagem e símbolos adaptados de acordo com o público alvo se transformado em saber a ser ensinado, e então passa a estar presente nos currículos, livros e materiais didáticos além de sites na internet. Esse saber a ser ensinado, submetido a uma nova transformação pelo professor, sofre uma adequação de conteúdo de acordo com sua sala de aula, utilizando analogias, simplificações, e contextualizações e, então, é transposto em saber ensinado a partir de concepções pessoais (CHEVALLARD, 1997; CARVALHO, 2010).

Cabe destacar as dificuldades pertinentes à busca de informações mais atualizadas e ao mesmo tempo cientificamente corretas. Toledo e Ferreira (2015) fazem uma abordagem das divergências encontradas na transposição didática em sites de divulgação científica, demonstrando muitas inconsistências, principalmente na transferência da imagem concreta para a abstrata. Falta de tempo, excesso de atividades ou despreparo do professor com relação à língua inglesa, para acessar informações que permitam sanar dúvidas particulares ou da classe em que trabalha, ampliam essas divergências.

A utilização de caracteres humanos como forma de contextualizar os padrões de herança mendelianos está presente na maioria dos livros didáticos disponíveis no PNLDEM/2012 (87,5%) e é destacada por todos os professores como prioridade no ensino de genética (BAIOTTO; SEPEL; LORETO, 2016). É descrita pela totalidade como a forma mais eficiente de aproximar o ensino do cotidiano dos alunos, de modo que desperta a curiosidade e o interesse deles, favorecendo a aprendizagem (Figura 5).

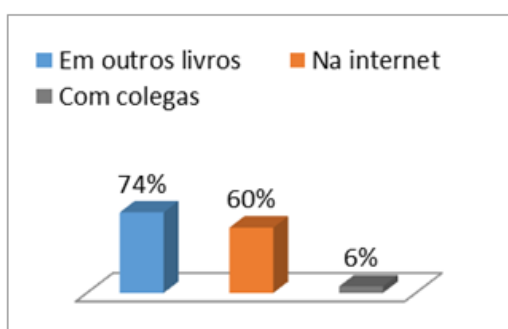


Figura 4. Na dúvida, onde busca informações

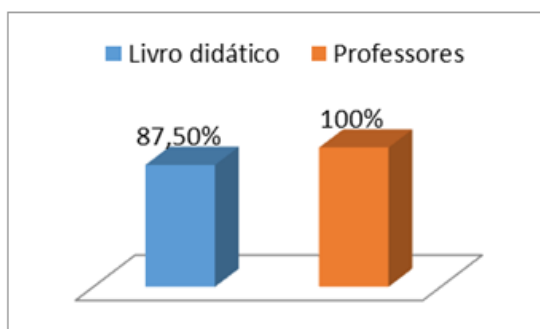


Figura 5. Utilização de caracteres humanos na contextualização de herança monogênica

Quando se fragmentam esses dados, com relação à utilização de caracteres humanos herdados, pode se identificar que 60% dos professores apontam a facilidade de entendimento

e compreensão; 80% destacam a proximidade do tema atrelado à contextualização do ensino; 20% reforçam que os caracteres humanos, por fazerem parte do dia a dia dos alunos, favorecem a curiosidade e o interesse, gerando uma série de questionamentos e, da mesma forma, 20% ainda fazem destaque para o fato de que todos esses enfoques promovem uma melhor e mais significativa aprendizagem (Figura 6).

A utilização de exemplos reais, concretos e próximos do aluno favorece o aprendizado, garante a contextualização, determina um maior interesse e desperta a curiosidade, o que, segundo a totalidade dos professores entrevistados, garante um melhor entendimento dos temas desenvolvidos em genética. Considerar os conhecimentos prévios e o cotidiano dos alunos com o uso de caracteres humanos herdados é visto como elemento importante na contextualização do ensino por Lima e colaboradores (2000) e por Kato e Kawazaki (2011). Esses autores sugerem a aproximação do contexto de vivência dos alunos para o contexto de aprendizagem, identificando situações e fenômenos vivenciados com os diferentes contextos de sua produção científica, educacional e social. Silva e Marcondes (2010) afirmam que essa contextualização social, político, econômico e ambiental se constitui em um princípio norteador para uma aprendizagem mais efetiva dos conceitos científicos.

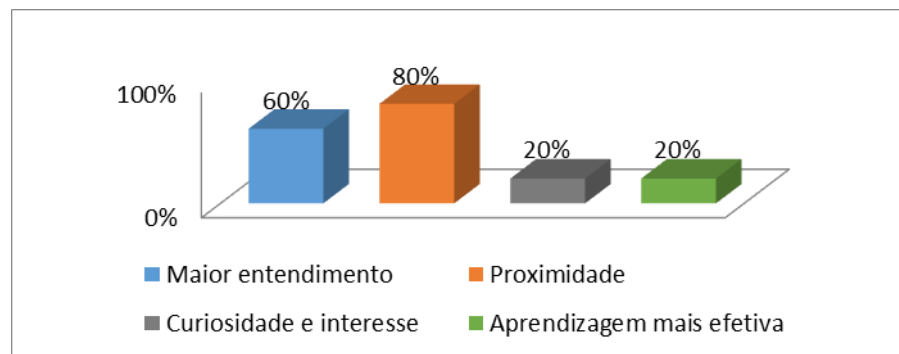


Figura 6. Motivos que levam a utilizar os caracteres humanos na contextualização

Questionados sobre o fato de terem se deparado com situações inusitadas no ensino de Genética, percebe-se que 67% dos professores já se depararam com questionamentos fora do comum, constrangedores ou para os quais não tinham resposta ou não sabiam como lidar com a situação. Quando indagados sobre o que fazem com relação a isso, cerca de metade desses citam buscar informações “corretas” sobre as questões em sites na Internet. Cabe destacar que devido à dificuldade de encontrar informações corretas, alguns relatam evitar comentar sobre assuntos polêmicos. Dos temas citados nessas ocasiões, o mais polêmico é a cor de olho (60%) seguido dos grupos sanguíneos, demais doenças e casos específicos visualizados em colegas da classe, como a heterocromia.

Dos professores que citaram ter se deparado com situações inusitadas, 70% deles afirmaram que elas eram relacionadas a suspeitas com relação à paternidade, e destes, 20% relataram casos de adoção, em que um deles levou os pais a reconhecerem a adoção. Situação extremamente preocupante, visto que da forma como estamos ensinando (herança poligênica tratada como herança monogênica) podem-se incitar inúmeras outras dúvidas desnecessárias entre os alunos e que nem sempre vão encontrar fundamentação científica.

Quando solicitados que descrevessem alguns padrões de herança e exemplos utilizados, percebe-se de forma muito clara a distribuição dos caracteres humanos herdados nos padrões monogênicos de herança, em que 80% citam utilizar olhos claros e escuros como exemplo de gene dominante e recessivo, 33,3% citam o uso do cabelo crespo como dominante em relação aos cabelos lisos, e o mesmo percentual utiliza os cabelos escuros em relação aos cabelos claros. Demais exemplos utilizados estão destacados na Figura 7, a seguir.

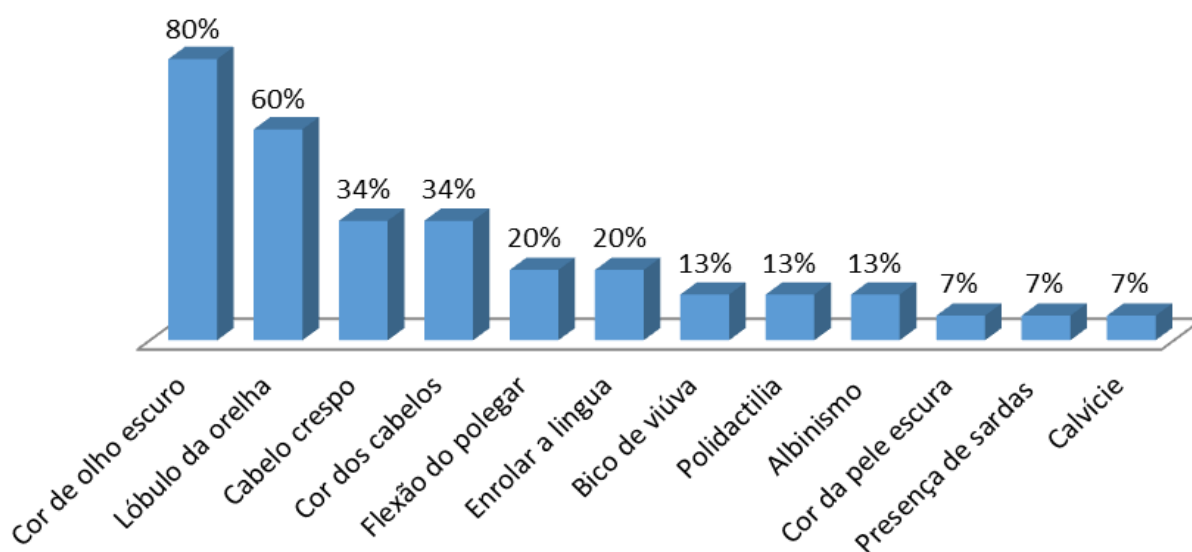


Figura 7. Frequência de caracteres humanos herdados atribuídos à herança monogênica na percepção dos professores do Ensino Médio

A listagem dos exemplos utilizados pelos professores retrata os exemplos disponibilizados nos livros didáticos, como demonstram os resultados de uma avaliação específica com relação à utilização de caracteres humanos na contextualização de padrões de herança monogênica em livros didáticos (PNLD/2012), identificando como mais comuns: o lóbulo da orelha, o albinismo, a fibrose cística, a fenilcetonúria, o daltonismo; seguidos de acondroplasia, a sensibilidade ao PTC, a polidactilia, a habilidade para destro ou canhoto, o gene para Alzheimer precoce, a galactosemia e cor do olho, que se assemelham aos descritos pelos professores (BAIOTTO; SEPEL; LORETO, 2016).

Reflexões sobre quais exemplos utilizar para o ensino dos padrões de herança mendelianos, com destaque para suas vantagens e desvantagens, podem ser lidos em “Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelhas?”, disponível na Revista *Genética na Escola* (BAIOTTO; SEPEL; LORETO, 2016).

Nesse sentido, a utilização de caracteres humanos herdados como forma de contextualizar herança monogênica, mesmo que de forma simplificada, amplia consideravelmente os problemas associados à visão determinista da genética. Essa visão determinista e individualizada dos genes no desenvolvimento das características sem influência do ambiente é apontada por Shaw e colaboradores (2008) e Ferreira e colaboradores (2009) como um dos principais equívocos entre os estudantes.

Herança complexa interpretada como monogênica ignora a participação de outros genes no funcionamento normal dos processos bioquímicos envolvidos no desenvolvimento dessa característica, como, por exemplo, os caminhos bioquímicos que levam à síntese dos pigmentos do olho (MEYER; BOMFIM; EL-HANI, 2013). A expressão mais presente entre os entrevistados, ao identificar quais caracteres utilizam com mais frequência nesse tópico de ensino, remete-se à expressão “gene para”, que ignora a influência epigenética e ambiental sobre esse caráter (por exemplo, “um gene para olhos azuis”).

Moss (2003) afirma que o fator preditivo de um gene (“um gene para”) utilizado de forma simplificada contribui na interpretação de heredogramas e na análise probabilística nos cruzamentos. Entretanto, caracteres poligênicos, doenças complexas e multifatoriais, quando tratados de forma monogênica, seja por simplificação, falta de informação, de atualização, ou com a finalidade de estimular o aluno a resolver “problemas de probabilidade”, ampliam os equívocos e as inconsistências no ensino dos padrões de herança em genética, visto que esses traços podem ser facilmente observáveis em si mesmo e em seus familiares e, desse modo descaracterizar a informação científica. Convém ressaltar que há utilização de padrões de herança de caracteres humanos de forma correta, 20% dos professores (todos com menos tempo de formação) relacionam a cor da pele ao padrão de herança quantitativa.

Além do determinismo genético incutido nos extensos cálculos de probabilidade utilizando caracteres humanos herdados, outra dificuldade que resulta dessa forma de contextualizar padrões de herança monogênicos é a falsa ideia de homogeneidade genética. Compreender heterogeneidade genética necessita compreender mutações e efeitos moleculares associados, visto que mutações diferentes no mesmo *locus* ou em *locus* diferentes são responsáveis por fenótipos similares (SCHAEFER; THOMPSON, 2015). Do mesmo modo, muitos conceitos que envolvem mecanismos moleculares são passíveis de sofrer

diferentes apropriações pelos estudantes porque envolvem a integração de diferentes níveis de organização: “o molecular (genes), o micro (cromossomos), e o macro (características fenotípicas e padrões de herança)” (CAMARGO; INFANTE-MALACHIAS, 2007). Essa forma de abordagem da genética integrada à biologia molecular complica ainda mais as representações simbólicas e simplificadas de representar características humanas (“A” e “a”) no ensino de Genética.

Saka e colaboradores (2006) demonstraram que os futuros professores possuem entendimentos inadequados da relação entre alguns conceitos genéticos básicos, como os relativos à herança mendeliana e termos como mitose/meiose e cromossomos homólogos. Já Caldeira e Meghioratti (2011) verificaram a existência de diferentes conceitos para gene entre professores universitários. Para Santos e Martins (2009), essa compreensão inadequada pode influenciar a aprendizagem de conteúdos genéticos mais complexos.

Percebe-se, a partir da análise das entrevistas realizadas, um ensino focado, principalmente, em herança mendeliana simples, analisados por meio do quadrado de Punnett. Knippels, Waarlo e Boersma (2005) complementam que o foco não deve estar em resolver cruzamentos genéticos tradicionais, mas, sim, em estabelecer relações entre conceitos importantes como reprodução, meiose e características genéticas. Redfiel (2012) afirma que precisamos gastar menos tempo em cruzamentos genéticos simples em que genes únicos causam resultados fenotípicos e apresentar aos alunos caracteres complexos quantitativos.

Enfim, entre tantas considerações, cabe um destaque para Smith e Wood (2016), que afirmam que a explosão de conhecimento de conteúdo genético vem progressivamente substituindo a Genética formal, essencialmente mendeliana, pela compreensão biológica mais dinâmica do material hereditário (fluxo de informações, trocas e armazenamento), com uma abordagem de ensino ativa, permeada por desafios e investigações que possam ser avaliados, possibilitando readequações sempre que necessário.

Considerações finais

Os caracteres humanos herdados são utilizados pela totalidade dos professores na contextualização dos padrões de herança em razão da facilidade de compreensão, por se aproximar do cotidiano e por estimular a curiosidade e o interesse, o que favorece a aprendizagem. Cor do olho e dos cabelos, lóbulo da orelha, textura dos cabelos, flexão do polegar e capacidade de enrolar a língua estão entre os principais exemplos de caracteres humanos utilizados pelos professores na contextualização de herança monogênica, embora nem todos sejam abordados sob a forma correta de herança. Destaca-se a tendência a reduzir

as características genéticas a um padrão monogênico de herança, que pode ser resolvido pelo quadro de Punnett.

Dificuldades relacionadas à utilização dos caracteres humanos, a situações inusitadas e questões polêmicas são relatadas pelos professores, que preferem manter a utilização desses exemplos e resolver as questões que surgem em decorrência. Necessário considerar que os desvios e equívocos encontrados com relação ao padrão de herança dos caracteres humanos podem dificultar ou entrar em choque com o conhecimento científico, cultural e social discutido na sala de aula.

Embora com uma confiabilidade de apenas 53% entre os professores, o livro didático é utilizado por todos os professores entrevistados no planejamento e adotado como livro-texto por 80%. Para solucionar suas dúvidas, buscam informações em outros livros didáticos ou na Internet, sendo que apenas 6% destacam a necessidade de buscar essas informações em revistas específicas da área. A disponibilidade dos livros a partir do ingresso das escolas no PNLD, o reduzido tempo do professor para a pesquisa e busca de materiais didáticos para a organização de suas aulas e o custo elevado dos livros disponíveis no mercado praticamente tornam o professor refém da informação contida nesses materiais.

Entende-se como necessária a contextualização no ensino de Genética através da utilização dos caracteres humanos hereditários, no entanto, sugere-se: maior cuidado dos autores ao utilizar simplificações e generalizações; mais atenção dos professores ao fazer a transposição didática e a contextualização no ensino; a redução da utilização do livro didático como única fonte de consulta e material de aula; e a utilização de metodologias diferenciadas de ensino, em que o aluno se torne o protagonista do seu processo de aprendizagem, investigando e avaliando traços hereditários humanos de herança monogênica reconhecida.

Referências

ALTUNOOLU, B. D.; SEKER, M. The Understandings of Genetics Concepts and Learning Approach of Pre-Service Science Teachers. **Journal of Educational and Social Research**, v. 5, n. 1, April 2015. doi: 10.5901/jesr.2015.v5n1s1p61.

BAIOTTO, C. R.; SEPEL, L. M. N.; LORETO, É. L.S. Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelhas. **Genética na Escola**, v. 11, p. 286-293, 2016. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_2cdb152d15264daf9419bc8a9c60b654.pdf. Acesso em: 20 ago. 2017.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BEZERRA, R. G.; GOULART, L. S. Levantamento e análise de conceitos genéticos entre alunos do ensino médio de um colégio público do estado de Goiás. **Revista Eletrônica de**

Biologia (REB), v. 6, n. 3, p. 214-233, abr. 2014. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/reb/article/view/13334/14343>. Acesso em: 30 ago. 2017.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Guia do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD)**. Brasília: MEC/SEF, 2008.

_____. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

CALDEIRA, A. M. A.; MEGLHIORATTI, F. A. Conceitos de gene: construção histórico-epistemológica e percepções de professores do ensino superior. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 201-222, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/134636>. Acesso em: 30 ago. 2017.

CAMARGO, S. S.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. A genética humana no Ensino Médio: algumas propostas. **Genética na Escola**, v. 2, n. 1, p. 14-16, 2007. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_213a6a6514ba4157b7327c516b634d33.pdf. Acesso em: 31 ago. 2017.

CARVALHO, G. S. A transposição didática e o ensino de biologia. In: CALDEIRA, A. M. A.; ARAUJO, E. S. N. N. (Orgs.) **Introdução à didática da biologia**. São Paulo: Escrituras Editora, 2010.

CASTELÃO, T. B.; AMABIS, J. M. Motivação e ensino de genética: um enfoque atribucional sobre a escolha da área, prática docente e aprendizagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 54, 2008, Salvador. **Anais...**, 2008.

CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. Buenos Aires: Aique, 1997. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242760000_La_transposicion_didactica_Del_saber_sabio_al_saber_enseñado. Acesso em: 21 ago. 2017.

CIMER, A. What makes biology learning difficult and effective: students' views. **Educational Research and Reviews**, v. 7, n. 3, p. 61-71, 2012. doi: 10.5897/ERR11.205.

CIRNE, A. D. P. P.; COSTA, I. A. S. Concepções alternativas sobre conceitos de genética no ensino fundamental. **Metáfora Educacional**, n. 19, p. 53-79, 2015. Disponível em: http://www.valdeci.bio.br/pdf/n19_2015/n19_2015_cirne_costa_concepcoes_alternativas.pdf. Acesso em: 31 ago. 2017

EL-HANI, C. N.; ROQUE, N.; ROCHA, P. L. B. Livros didáticos de biologia no Ensino Médio: resultados do PNLEM/2007. **Educação em Revista**, v. 27, n. 1, p. 211-240, abr. 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-46982011000100010>.

FERREIRA, C.; SILVA, C.; CARVALHO, G. S. Doenças genéticas e determinismo genético em manuais escolares: comparação entre Portugal e França. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL, V/IBERO-AMERICANO DE EDUCAÇÃO FÍSICA, LAZER E SAÚDE, II, São Miguel, Açores, 2009. **Actas...** São Miguel, Açores, 2009.

FRANZOLIN, F.; BIZZO, N. Types of Deviation in Genetics Knowledge Presented in Textbooks Relative to the Reference Literature. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 167, 2015, p. 223-228. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.666>.

FRANZOLIN, F.; TOLENTINO-NETO, L. C. B.; BIZZO, N. Generalizações que distanciam os conhecimentos dos livros didáticos das referências em Genética. Investigações no Ensino de Genética. **Genética na Escola**, v. 9, n. 2, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luiz_Tolentino-Neto/publication/268216054_Generalizacoes_que_distanciam_os_conhecimentos_dos_livros_didaticos_das_referencias_em_Genetica/links/5464fefc0cf25b85d17d23b9/Generalizacoes-que-distanciam-os-conhecimentos-dos-livros-didaticos-das-referencias-em-Genetica.pdf. Acesso em: 21 ago. 2017.

GARCIA, P. S.; BIZZO, N. A pesquisa em livros didáticos de ciências e as inovações no ensino. **Educação em Foco**, v. 15, p. 13-35, 2010. Disponível em: <http://revista.uemg.br/index.php/educacaoemfoco/article/viewFile/89/124>. Acesso em: 21 ago. 2017.

GASKELL, G. Entrevistas individuais e grupais. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (Orgs.) **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. Petrópolis: Vozes, 2002. p. 64-89.

GERICKE, N. **Science versus School-science; multiple models in genetics** – the depiction of gene function in upper secondary textbooks and its influence on students' understanding. 2009. Tese (Doutorado em Biology Education) – Universidade de Karlstad, Karlstad, 2009.

GIACÓIA, L. R. D. **Conhecimento básico de genética: concluintes do Ensino Médio e graduandos de Ciências Biológicas**. 2006. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

INFANTE-MALACHIAS, M. E.; PADILHA, I. Q. M.; WELLER, M.; SANTOS, S. Comprehension of basic genetic concepts by Brazilian undergraduate students. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 3, p. 657-668, 2010. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART9_Vol9_N3.pdf. Acesso em: 21 ago. 2017.

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 1, p. 35-50, 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132011000100003>.

KNIPPELS, M. C. P. J.; WAARLO, A. J.; BOERSMA, K. Design Criteria for Learning and Teaching Genetics. **Journal of Biological Education**, v. 39, n. 3, p. 108-112, 2005. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2005.9655976>.

LIMA, J. F. L.; PINA, M. S. L.; BARBOSA, R. M. N.; JÓFOLI, Z. M. S. A contextualização no ensino de cinética química. **Química Nova na Escola**, n. 11, p. 27-29, 2000. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a06.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2017.

LORETO, É. L. S.; SEPEL, L. M. N. A escola na era do DNA e da Genética. **Ciência e Ambiente**, v. 26, p. 149-156, 2003.

MAIA, J. O.; VILANI, A. A relação de professores de Química com o livro didático e o caderno do professor. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n. 1, p. 121-146, 2016. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen15/REEC_15_1_7_ex969.pdf. Acesso em: 28 ago. 2017.

MALAFAIA, G.; BÁRBARA, V. F.; RODRIGUES, A. S. Análise das concepções e opiniões de discentes sobre o ensino da biologia. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 4, n. 2, p. 165-182, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.14244/1982719994>.

MEYER, L.; BONFIM, G.; EL-HANI, C. How to Understand the Gene in the Twenty-First Century? **Science & Education**, v. 22, n. 2, p. 345-374, 2013. doi: <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9390-z>.

MOSS, L. **What Genes Can't Do**. Cambridge, MA: MIT Press, 2003. Disponível em: <http://www.enu.kz/repository/repository2014/what-genes.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2017.

MOURA, J. *et al.* 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**, v. 34, n. 2, p. 167-174, jul./dez. 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0367.2013v34n2p167>.

NOVAK, J. D. Uma teoria de educação: aprendizagem significativa subjacente à integração construtiva de pensamentos, sentimentos e ações levando ao empoderamento para compromisso e responsabilidade. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, v. 1, n. 2, p. 1-14, 2011. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID7/v1_n2_a2011.pdf. Acesso em: 28 ago. 2017.

PAIVA, A. L. B.; MARTINS, C. M. C. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 3, p. 182-201, 2005. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172005070303>.

PIMENTA, S. G.; GONÇALVES, C. L. **Revedo o ensino do 2º grau, propondo a formação de professores**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1992.

REDFIELD, R. J. “Why do we have to learn this stuff?” – A new genetics for 21st century students. **PLoS Biology**, n. 10, 2012. doi: [10.1371/journal.pbio.1001356](https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001356).

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.

SAKA, A.; CERRAH, L.; AKDENIZ, A. R.; AYAS, A. A cross-age study of the understanding of three genetic concepts: How do they image the gene, DNA and chromosome? **Journal of Science Education and Technology**, v. 15, n. 2, p. 192-202, 2006. doi: <https://doi.org/10.1007/s10956-006-9006-6>.

SANTOS, E.; MARTINS, I. P. Ensinar sobre alimentos geneticamente modificados. Contribuições para uma cidadania responsável. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 3, p. 834-858, 2009. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART5_Vol8_N3.pdf. Acesso em: 26 jul. 2017.

SANTOS, V. C.; EL-HANI, C. N. Ideias sobre genes em livros didáticos de biologia do ensino médio publicados no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em**

Ciências, v. 9, n. 1, 2009. Disponível em:

<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2209/1608>. Acesso em: 28 jul. 2017.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, 2007. Disponível em:

http://www.academia.edu/27297895/Contextualiza%C3%A7%C3%A3o_no_ensino_de_ci%C3%A2ncias_por_meio_de_temas_CTS_em_uma_perspectiva_cr%C3%ADtica. Acesso em: 28 ago. 2017.

SCHAEFER, G. B.; THOMPSON, J. N. **Genética médica: uma abordagem integrada**. Tradução de A. E. Vargas. Porto Alegre: AMGH, 2015.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N. A história da ciência como aliada no ensino de genética.

Genética na Escola, v. 1, n. 1, p. 17-18, 2006. Disponível em:

http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_6418c0f6af7d445bbd186c47852833e5.pdf. Acesso em: 26 jul. 2017.

SHAW, K. R. M.; VAN-HORNE, K.; ZHANG, H.; BOUGHMAN, J. Essay contest reveals misconceptions of high school students in genetics content. **Genetics**, v. 178, p. 1157-1168, 2008. doi: 10.1534/genetics.107.084194.

SILVA, E.; MARCONDES, M. E. R. Visões de contextualização de professores de química na elaboração de seus próprios materiais didáticos. **Revista Ensaio**, v. 12, n. 1, p. 101-118, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/epec/v12n1/1983-2117-epec-12-01-00101.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2017.

SMITH, M. K.; KNIGHT, J. K. Using the genetics concept assessment to document persistent conceptual difficulties in undergraduate genetics courses. **Genetics**, v. 191, n. 1, p. 21-32, 2012. doi: 10.1534/genetics.111.137810.

SMITH, M. K.; WOOD, W. B. Teaching Genetics: Past, Present, and Future. **Genetics**, v. 204, n. 1, p. 5-10, 2016. doi: 10.1534/genetics.116.187138.

TOLEDO, E. J. L.; FERREIRA, L. H. Transposição didática como reforço de obstáculos epistemológicos em livro texto e em experimentos didáticos. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 2, 2015. Disponível em:

http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen14/REEC_14_2_6_ex964.pdf. Acesso em: 26 jul. 2017.

TSUI, C. Y.; TREAGUS, D. F. Understanding genetics: analysis of secondary students' conceptual status. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 44, n. 2, p. 205-235, 2007. doi: 10.1002/tea.20116.

3.4 PARA ENSINAR GENÉTICA MENDELIANA: ERVILHAS OU LÓBULOS DE ORELHAS?

Questionamentos decorrentes da análise dos livros didáticos e da investigação realizada das concepções dos professores a respeito da utilização dos caracteres humanos na contextualização dos padrões de herança mendelianos levaram à construção de um texto que tem por pretensão instigar os professores de genética a fazer também esta reflexão.

Paralelamente, o tema do Congresso Brasileiro de Genética celebrado em setembro de 2016 foi alusivo a Mendel – “150 anos de Mendel”. Assim, a escolha foi encaminhar esta reflexão, que tem por título “Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelha?”, para a revista *Genética na Escola*, tendo em vista o elevado grau de circulação da revista entre o público-alvo: os professores de Genética.

3.4.1 Artigo 1 – “Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelhas?”

Artigo GE-MS2016-021 submetido em 29/03/2016 e aprovado em 09/05/2016.

Genética na Escola – ISSN: 1980-3540.

Sociedade Brasileira de Genética.

Seção – Na sala de aula.

BAIOTTO, C. R.; SEPEL, L. M. N.; LORETO, É. L.S. Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelhas. **Genética na Escola**, v. 11, p. 286-293, 2016. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_2cdb152d15264daf9419bc8a9c60b654.pdf. Acesso em: 20 ago. 2017.

NA SALA DE AULA

Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelha?

Cléia Rosani Baiotto^{1,2}, Lenira M. N. Sepel^{2,3}, Elgion L. S. Loreto^{2,4}

¹ Centro de Ciências da Saúde e Agrárias, Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ), Cruz Alta, RS.

² Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências, Universidade Federal de Santa Maria, RS.

³ Departamento de Ecologia e Evolução, Universidade Federal de Santa Maria, RS.

⁴ Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, Universidade Federal de Santa Maria, PPG Educação em Ciências, RS.

Autor para correspondência: cbaiotto@unicruz.edu.br

Os “padrões de herança mendelianos” constituem um dos principais assuntos do ensino de Genética no ensino médio. Compreender o que é uma herança autossômica dominante ou recessiva é muitas vezes o ponto de partida da maioria dos professores, 150 anos depois da publicação dos trabalhos de Mendel. Contudo, a escolha de exemplos pode ser problemática, visto que vários dos casos comumente escolhidos para ilustrar a Primeira Lei de Mendel não representam, de fato, características monogênicas que se transmitem de forma mendeliana. Neste trabalho, analisamos exemplos comumente presentes em livros didáticos e propomos que a escolha dos casos, a ser feita por cada professor, seja objeto de reflexão que pondere vantagens e riscos, particularmente quando os exemplos referem-se a características humanas. Essa reflexão pode garantir que os exemplos escolhidos sejam conceitualmente corretos e, ao mesmo tempo, motivadores para os estudantes.

NA SALA DE AULA

A HISTÓRIA DE MENDEL NO ENSINO DE GENÉTICA

Partindo do senso comum é fácil constatar que indivíduos de uma mesma família podem ser muito semelhantes; é consenso, por exemplo, que pais transmitem aos filhos muitos de seus traços. A percepção da existência de características hereditárias é muito antiga e, ao longo do tempo, muitas teorias tentaram explicar como essas heranças ocorriam. Somente no século XIX, a partir da observação cuidadosa dos resultados de cruzamentos entre plantas de ervilhas, que o mistério da transmissão de características hereditárias começou a ser desvendado.

Há 150 anos, em um modesto jardim de um mosteiro da cidade de Brno (hoje República Tcheca), Gregor Mendel lançou as bases para o entendimento de como as características herdáveis são transmitidas. Mendel analisou mais de 10.000 plantas de ervilha e os resultados obtidos por ele trouxeram evidências de que as teorias vigentes na época estavam erradas. Mendel concluiu que era impossível explicar a semelhança entre pais e filhos como se fosse uma mistura de líquidos parentais (como o sangue, por exemplo). Ao contrário, os descendentes pareciam herdar unidades particuladas ou fatores que se mantinham independentes. Mais tarde, esses fatores foram denominados genes.

Acompanhando o resultado de milhares de cruzamentos entre ervilhas, Mendel percebeu que as características alternativas (por exemplo, produzir ervilhas verdes ou amarelas) apareciam nas proles em proporções que eram constantes e típicas para cada tipo de cruzamento. As análises desses resultados levaram Mendel a concluir que os indivíduos apresentavam os fatores hereditários sempre aos pares, sendo um proveniente da mãe (planta que forneceu o óvulo) e outro proveniente do pai (planta que forneceu o pólen), sendo que apenas um dos membros estaria presente no pólen ou no óvulo. Essa observação atualmente é ensinada sob a designação de Primeira Lei de Mendel.

As observações também permitiram que Mendel detectasse a existência de interação entre os fatores hereditários, pois quando

um indivíduo herdava fatores diferentes, em alguns casos, apenas um dos fatores seria responsável pelos efeitos visíveis. Os termos dominante e recessivo surgiram dessas observações iniciais com os indivíduos que Mendel chamava de híbridos, que na atualidade chamamos de heterozigotos. Mendel designou como dominantes os fatores que eram responsáveis pelas características que se manifestavam nas plantas “híbridas” (heterozigotas) e percebeu com clareza que os fatores recessivos não desapareciam, embora não se manifestassem nos heterozigotos.

Outro conjunto importante de conclusões dos trabalhos de Mendel são as associações entre características e fatores hereditários (genes), sendo que cada característica com seus estados alternativos é definida por um conjunto de fatores hereditários (hoje chamados de “alelos”) e esses conjuntos são independentes. Essa observação foi a base para o que hoje chamamos de Segunda Lei de Mendel ou Lei da Segregação Independente.

A narrativa da história de Mendel pode ser útil em nossas salas de aula sob vários pontos de vista. O destaque para os cruzamentos planejados, para as observações e registros precisos, bem como a evolução dos conceitos ao longo do século XX, têm potencial para ilustrar a natureza do conhecimento científico. Nesse sentido, há vários recursos muito úteis para apresentar esses aspectos aos alunos, como por exemplo, os vídeos sobre a história de Mendel (<https://www.youtube.com/watch?v=0zsJsuYtYR4>) e (<https://www.youtube.com/watch?v=tfDJE4kWhM>)

A GENÉTICA MENDELIANA NO SÉCULO XXI

O século XX assistiu a um crescimento vertiginoso da Genética. Logo nas primeiras décadas demonstrou-se que as observações de Mendel eram aplicáveis a outros organismos, o que levou à generalização das chamadas “Leis de Mendel”. Os estudos de células em divisão tornaram evidente que os genes estão localizados nos cromossomos. A genética molecular desenvolveu-se com a identificação da estrutura do DNA e a compreensão do fluxo da informação nas células. Em poucas décadas, aprendemos como





genes funcionam ao nível molecular e surgiram as primeiras aplicações práticas desses conhecimentos, com o desenvolvimento de tecnologias baseadas na manipulação de DNA em diversas áreas, como na produção de organismos transgênicos, no desenvolvimento de testes diagnósticos para doenças, produção de fármacos, na identificação de indivíduos e até mesmo na determinação de paternidade. A prevalência dessas aplicações no nosso cotidiano é mais uma justificativa para que as Leis de Mendel, ponto de partida de todo esse conhecimento, sejam ensinadas na escola.

A NECESSIDADE DE CONTEXTUALIZAR

Em consonância com os documentos oficiais curriculares e com as concepções mais contemporâneas de educação, os professores de Genética buscam contextualizar o ensino desses conteúdos. A partir daí, surge a questão: Que exemplos usar?

Nos livros didáticos, diferentes exemplos são utilizados, mas alguns são recorrentes: as próprias ervilhas de Mendel, a cor dos olhos e forma das asas das moscas das frutas, forma e cor de abóboras, os chifres em bovinos e também várias características humanas como o lóbulo da orelha ou a capacidade de enrolar a língua, o albinismo, entre outras. Em geral, o professor dispõe de tempo limitado e apenas alguns exemplos são desenvolvidos. A escolha de um ou outro conjunto de explicações e exercícios poderá ter consequências diversas e importantes (Figura 1). Ao escolher os exemplos históricos como as características das ervilhas estudadas por Mendel, ou os mutantes de cor de olho de *Drosophila*, o professor terá oportunidade de abordar aspectos da história e desenvolvimento das descobertas científicas. Além disso, esses exemplos são conceitualmente corretos, ou seja, abordam características com o exato padrão de herança mendeliana, que é o que se pretende ensinar.

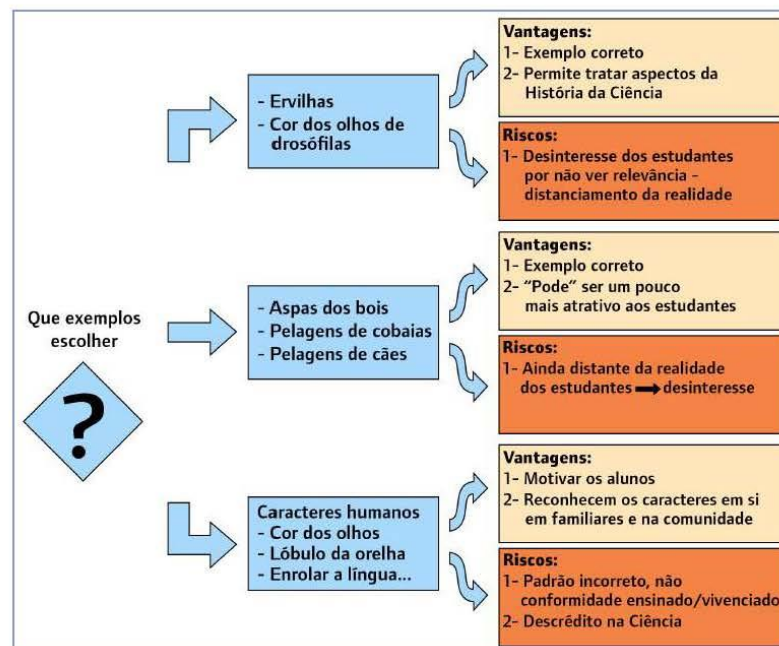


Figura 1. Vantagens e riscos de diferentes de exemplos comumente utilizados no ensino das Leis de Mendel.

NA SALA DE AULA

No entanto, o apelo histórico e a exatidão científica não auxiliam na superação do distanciamento da realidade do aluno. Por mais bem estruturados que sejam os exemplos, muitas vezes ervilhas e moscas não despertarão interesse, o que pode ser um problema. Dois tipos de questões que surgem em sala de aula representam bem essa situação: “Para que eu preciso saber de cor de olho de mosca?” “E a cor do olho da gente?”

Para superar esse desinteresse e aproximar os exemplos do cotidiano dos alunos, uma possibilidade é tratar das características de animais domésticos que tenham padrões de herança desejados. Outra possibilidade é abordar características humanas, pois assim o próprio indivíduo, seus colegas e familiares passariam a ser “amostras observáveis”. Essa última possibilidade costuma gerar um envolvimento muito maior dos estudantes, mas o professor tem de estar ciente dos problemas que podem surgir quando são usadas características humanas.

CONTEXTUALIZAÇÃO NOS LIVROS DE GENÉTICA

A cor dos olhos, a inserção do lóbulo da orelha, a cor da pele e a capacidade de enrolar a língua são exemplos de caracteres huma-

nos presentes nos oito livros aprovados no PLND de 2012 e disponíveis nas escolas. A verificação desses caracteres no Banco de Dados OMIM (*Online Mendelian Inheritance in Man*, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/omim>), da Biblioteca Nacional de Medicina dos EUA que tem por objetivo disponibilizar informações atualizadas para a comunidade científica na área biomédica, permitiu detectar que características como as citadas acima não são exemplos exatos de herança mendeliana simples, monogênica; trata-se, de fato, de herança poligênica ou multifatorial, e que são imprecisamente utilizadas como exemplos de padrões da primeira e segunda lei de Mendel.

Analisamos as descrições dos livros didáticos para cada uma destas características e as classificamos em categorias: erros conceituais, imprecisão (situação em que o autor descreve um padrão de herança e utiliza no livro um exemplo que não corresponde a ele), descrição de acordo com a referência e situações em que o autor não descreve o caráter. Os principais resultados dessa análise estão destacados na Figura 2.

Nos casos de imprecisão em relação à descrição, poucos autores fazem menção ao fato de estar trabalhando desta forma devido à sim-

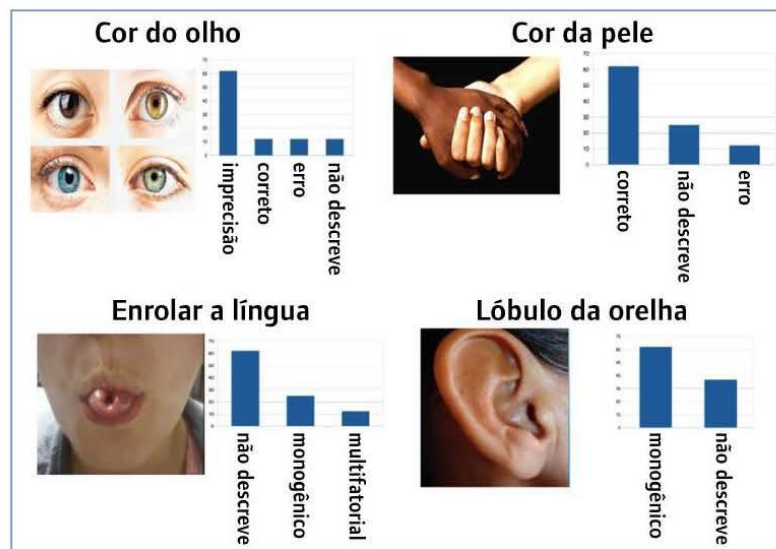


Figura 2.

Como são descritas algumas características humanas nos livros didáticos do PLND 2012. No canto superior esquerdo a porcentagem de livros com imprecisões, erros conceituais, que descrevem corretamente ou que simplesmente não tratam de cada caráter.

plificação. É claro que a transposição didática realizada pelo professor e que leva geralmente à simplificação é necessária para a abordagem do tema na Educação Básica, mas no caso desses exemplos, pode criar situações que favorecem o surgimento de concepções errôneas. Cabe ao professor ficar atento a esses exemplos, pois eles não estão totalmente errados, mas geram lacunas de informações que podem ser erroneamente interpretadas pelos alunos.

O uso desses exemplos pode implicar em erros conceituais e também ter consequências diretas na vida dos alunos, podendo gerar problemas associados a questões de familiaridade, grau de parentesco, entre outros (há casos, por exemplo, de alunos que desconfiam de sua filiação por conta da análise do padrão de herança de certas características em suas famílias). Pode também levar ao descrédito na informação científica como um todo, se o aluno perceber que há inadequação do que ele observa em sua família com as previsões decorrentes das informações simplificadas. Um bom exemplo é a ideia de que o lóculo de orelha preso é recessivo; se isso é verdadeiro, então pais com essa caracte-

terística devem ter sempre filhos com lóculo de orelha preso, o que não é exato. Para saber mais sobre a inadequação do exemplo do lóculo da orelha ou outros caracteres humanos, sugere-se consultar “Mitos de Genética Humana” em <http://udel.edu/~mcdonald/mythearlobe.html>.

Usar exemplos simplificados cria a necessidade de aprofundamento e explicações adicionais que justifiquem as constatações que os estudantes farão em suas próprias famílias, e que podem estar em desacordo com o padrão que foi inicialmente apresentado.

COMO EVITAR A ARMADILHA DA SIMPLIFICAÇÃO EXCESSIVA

Uma possibilidade de superar os problemas associados com o uso de exemplos simplificados é fazer uma abordagem em duas etapas. Primeiramente as características são tratadas como sendo de herança simples e, num segundo momento, elas são retomadas, com a apresentação do padrão de herança mais complexo e correto (Figura 3). A característica cor dos olhos, por exemplo,

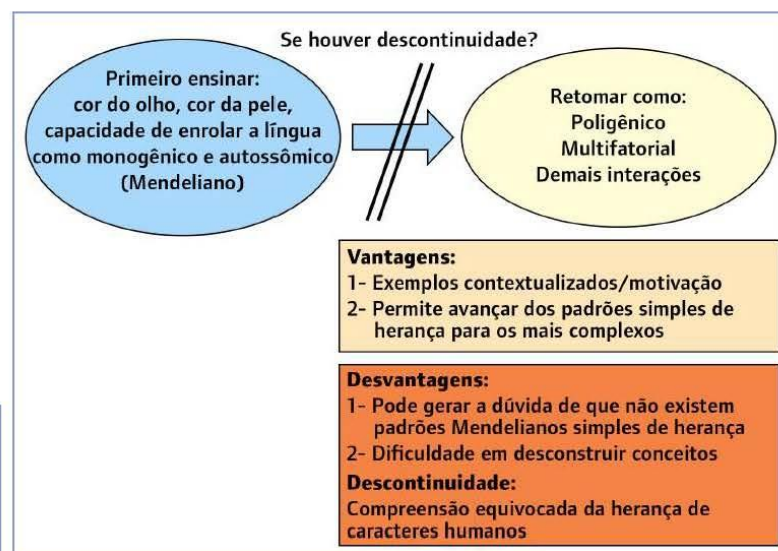


Figura 3. Sugestão de abordagem de exemplos de características humanas, primeiramente apresentando-as como herança mendeliana simples e depois avançando para os padrões complexos de herança (simplificação).

NA SALA DE AULA

pode ser apresentada inicialmente como monogênica (alelo para cor azul recessivo e para cor castanha, dominante). Posteriormente, a existência de uma gama maior de colorações deverá ser apresentada e o professor poderá discutir com a turma sobre a determinação poligênica dessa característica. Do mesmo modo, a capacidade de enrolar a língua pode ser apresentada como autossômica, dominante para depois o padrão de herança multifatorial ser discutido. Além de motivar os alunos por tratar-se de características que eles próprios possuem, essa abordagem permite tratar dos padrões mendelianos simples e dos padrões mais complexos, ampliando os estudos.

Na execução dessa proposta é essencial que o professor se mantenha atento para duas situações indesejadas: a) o aluno pode construir uma concepção equivocada de que os padrões mendelianos de herança não existam, pelo fato de que houve a 'desconstrução' das explicações simples; b) o aluno pode sentir-

-se satisfeito com o argumento simplificado e acabar não aderindo à segunda parte da abordagem.

Na perspectiva de trabalhar com caracteres humanos herdados, é possível identificar primeiro características unicamente monogênicas, descontínuas, numa perspectiva histórica e científica, mas ao mesmo tempo contextualizada em exemplos próximos da realidade do aluno (Figura 4). Em seguida desenvolver os caracteres humanos complexos herdados dentro de suas especificações conceituais. Cabe destacar que para trabalhar deste modo, o professor precisa estar atualizado e utilizar referenciais confiáveis. Desta forma, não é necessária a desconstrução de conceitos, mas exige, fundamentalmente, o empenho em identificar exemplos corretos para cada padrão de herança e, ao mesmo tempo, que garantam a contextualização necessária para estimular e sustentar o processo de aprendizagem em Genética no ensino médio.

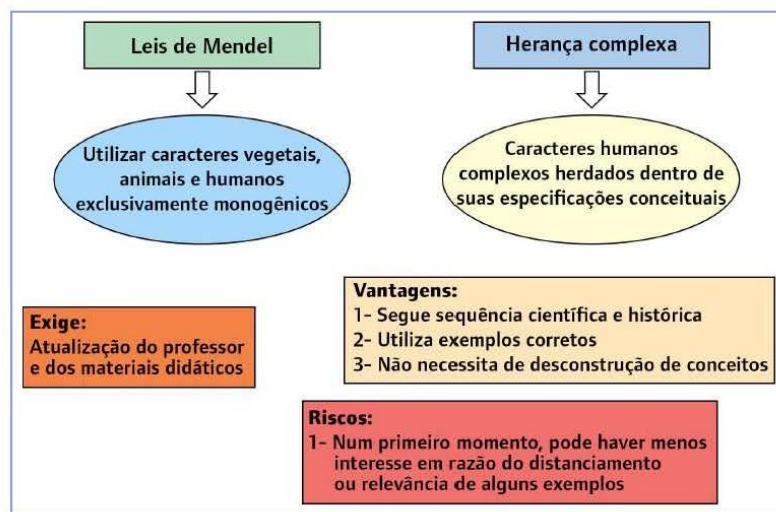


Figura 4. Abordagem que respeita a sequência histórica e a necessidade de exemplos conceitualmente corretos.

Entretanto, é possível, que em algum momento o professor depare com situações inusitadas que levem o aluno a duvidar de sua paternidade. O professor que optar por tratar desses temas, deve ter mais que conhecimento, deve ter sensibilidade e maturidade para abordar de forma séria e responsável tais questões. Caso não se sinta preparado ou seguro para tal, sugere-se que evite o uso de exemplos humanos. Neste caso, uma boa alternativa seria escolher algumas características de animais domésticos, motivadoras também, ou o uso de modelos hipotéticos, como “Scoiso” em forma do jogo virtual, disponível em <http://www.ib.usp.br/microgene/index.php?pagina=atividades> ou construção de modelos como os descritos na atividade “Filho de Scoiso, scoisinho é!” que combinam atividade lúdica com noções básicas de padrões de herança, disponíveis em <http://genoma.ib.usp.br/educacao-e-difusao/materiais-didaticos/atividades-interativas>, elaborados pelo Instituto de Biociências/USP.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda é importante, 150 anos depois, ensinar os padrões de herança descobertos por Mendel. Ao escolher exemplos para isso, o professor pode ver-se em uma encruzilhada: utilizar casos conceitualmente corretos ou aproximar-se do contexto dos alunos, ainda que tenha que fazer simplificações? Essa é uma reflexão que precisa ser feita por quem ensina Genética.

Cabe ao professor saber ler o seu contexto para escolher a proposta mais apropriada ao ambiente (tipo de escola, localização, perfil do aluno), aos processos utilizados (estratégias didáticas, ou modo como apresenta seus conceitos) e aos condicionantes que determinam sua prática docente (por exemplo, número de horas de aula disponíveis para o assunto). Qualquer que seja o caminho escolhido, é importante que o professor seja crítico e saiba as limitações de suas escolhas.



3.5 PREVALÊNCIA DE CARACTERÍSTICAS HUMANAS UTILIZADAS NA CONTEXTUALIZAÇÃO DE HERANÇA MENDELIANA NO ENSINO DE GENÉTICA

A prevalência dos caracteres mais frequentemente encontrados nos livros didáticos e presentes na fala dos professores foram investigados. Utilizou-se para isso um *software* livre disponível *on-line*. Os caracteres utilizados estão listados a seguir:

1. Lóbulo da orelha.
2. Ângulo de flexão do polegar.
3. Inserção dos cabelos na cabeça em linha frontal reta ou em bico.
4. Capacidade de enrolar a língua.
5. Destro ou canhoto.
6. Polegar que se sobrepõe ao cruzar as mãos.
7. Braço que se sobrepõe ao cruzar os braços.

O software dispõe hoje de um aplicativo para celular, facilitando a coleta de dados e possibilitando uma ampliação permanente da amostra. A ficha de coleta de dados e o relatório podem ser visualizados respectivamente em: <http://pesquisas.unicruz.edu.br/genetica/> e <http://pesquisas.unicruz.edu.br/genetica/relatorio/relatorio%20II.php>.

Os resultados disponibilizados no manuscrito a seguir ainda são preliminares. Uma análise mais consistente da prevalência com a ampliação da amostra e estudo de correlações entre as variáveis investigadas poderá contribuir melhor na elucidação do padrão de herança e assim ratificar ou não a utilização delas como exemplos na genética básica.

3.5.1 Manuscrito III – “Prevalência de características humanas utilizadas na contextualização de herança mendeliana no ensino de genética”

Frequência de características humanas utilizadas na contextualização de herança mendeliana no ensino de Genética

BAIOTTO, Cléia Rosani; LORETO, Élgion Lucio da Silva

Resumo

A avaliação da frequência de alguns caracteres humanos utilizados no ensino de herança mendeliana foi realizada com a utilização de um *software* disponível *on-line*. A seleção dos caracteres utilizados se deu com base nos mais frequentemente citados pelos professores e presentes nos livros didáticos no ensino de herança mendeliana. São eles: lateralidade, polegar que se sobrepõe ao cruzar os dedos, braço que se sobrepõe ao cruzar os braços, forma de dobrar o polegar, lóbulo da orelha, implantação dos cabelos na testa e capacidade de enrolar a língua. Essas informações foram coletadas em alunos do Ensino Médio de escolas da rede pública e acadêmicos da universidade. São informações importantes no sentido de permitir uma possível discussão a respeito das formas de herança, comparar com os livros didáticos e com dados da literatura, verificando as inconsistências referentes a esses padrões de herança nos livros didáticos analisados. O uso do *software* contribuiu na coleta de dados e na análise dos resultados.

Introdução

O termo “caráter” é utilizado em Genética com um sentido muito amplo, visto que designa qualquer característica, normal ou patológica, passível de ser notada durante qualquer fase do desenvolvimento de um indivíduo, isto é, desde a sua formação até a sua morte (BEIGUELMAN, 2008). De forma genérica, é utilizado para se referir a características como estatura, cor da pele, pressão arterial ou para definir uma variedade dessa característica como estatura alta, pele branca e pressão arterial baixa, revelando uma grande plasticidade quanto ao significado e emprego do termo.

Por outro lado, a indicação de uma característica ou o conjunto de características de um indivíduo é representada pelo fenótipo, assim nos permite reconhecer os fenótipos *pressão alta*, *pressão baixa* e *pressão normal*. O fenótipo constitui a expressão dos genes e pode ter influência ou não do ambiente. Essa influência, quando existente, pode contribuir de forma mais intensa ou menos intensa na constituição do fenótipo (PASTERNAK, 2007).

Modos de herança ou padrões de herança representam as formas (regras) que explicam os padrões comuns que as características herdadas seguem quando são passadas através das famílias. O modo pelo qual essas regras afetam os padrões de herança depende de a característica ser transmitida por um autossomo ou cromossomo sexual (autossômicos ou sexuais), a forma de controle, processos de transcrição e expressão desse gene (dominante ou recessivo), do número de genes envolvidos na expressão desse caráter (multifatorial ou não) e

na possibilidade de essa característica sofrer ou não influência do ambiente (NUSBAUM et al., 2002; LEWIS, 2004).

Estudos que envolvem a compreensão do padrão de transmissão de características humanas utilizam a análise da expressão deste caráter em indivíduos da população e/ou análise de genealogias (estudos familiares) ou ainda estudo em gêmeos (NUSBAUM *et al.*, 2002). Pouquíssimos estudos foram realizados no Brasil, entre eles Freire-Maia (1961) identificou fatores genéticos associados ao modo de cruzar as mãos com diferenças de gênero. Reiss (1999) sugere uma base genética com alguma influência ambiental para esse caráter, mas sem diferença significativa em seus resultados. Em populações africanas, Odokuma *et al.* (2011) mostraram que a sobreposição do polegar direito ao cruzar as mãos é mais frequente e sem diferença significativa entre os sexos, em um estudo com 423 indivíduos.

Professores que atuam em Genética em escolas de nível médio relatam utilizar caracteres humanos para contextualizar os padrões de herança (100%, n=16), indicando que a utilização de exemplos reais, concretos e próximos do aluno favorece o aprendizado, garante a contextualização, determina um maior interesse e desperta a curiosidade, o que, segundo os professores entrevistados, garante um melhor entendimento dos temas desenvolvidos em genética (BAIOTTO; LORETO, 2017b).

Considerar os conhecimentos prévios e o cotidiano dos alunos com o uso de caracteres humanos herdados é visto como elemento importante na contextualização do ensino por Lima e colaboradores (2000) e por Kato e Kawazaki (2011), que sugerem a aproximação do contexto de vivência dos alunos para o contexto de aprendizagem, identificando situações e fenômenos vivenciados, com os diferentes contextos de sua produção científica, educacional e social. Silva e Marcondes (2010) afirmam que essa contextualização social, político, econômico e ambiental se constitui em um princípio norteador para uma aprendizagem mais efetiva dos conceitos científicos.

A utilização de caracteres humanos como forma de contextualizar os padrões de herança mendelianos está presente na maioria dos livros didáticos disponíveis no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). A listagem dos exemplos utilizados pelos professores retrata os exemplos disponibilizados nos livros didáticos. Entre os caracteres mais comumente utilizados pelos autores está o lóbulo da orelha, o albinismo, a fibrose cística, a fenilcetonúria, o daltonismo; seguidos de acondroplasia, a sensibilidade ao PTC, a polidactilia, a habilidade para destro ou canhoto, o gene para Alzheimer precoce, a galactosemia e a cor do olho (BAIOTTO; SEPEL; LORETO, 2016).

Apesar da ampla utilização, poucos estudos envolvem a compreensão do padrão de transmissão de características humanas e a frequência de características como o modo de cruzar as mãos, a capacidade de enrolar a língua, a forma de dobrar polegar (dedo do caroneiro), a implantação dos cabelos na cabeça e o lóbulo da orelha. Em Beiguelman (2008) e Nusbaum *et al.* (2002), encontramos relatos da análise da expressão dessas características em indivíduos da população e/ou análise de genealogias (estudos familiares) ou ainda estudo em gêmeos.

Dessa forma, os escassos referenciais para o tema proposto e as inconsistências observadas nos livros didáticos determinou a necessidade de identificar a frequência de características humanas utilizadas como principais exemplos de padrões de herança nos livros didáticos, assim como avaliar com base na literatura o padrão de herança das características identificadas.

Materiais e métodos

A constatação da ampla utilização dos caracteres humanos no ensino de Genética foi determinante na escolha do público-alvo, para a verificação da prevalência, constituído por alunos do Ensino Médio e alunos da universidade. Posteriormente, inseriu-se a comunidade, atendendo à solicitação de professores envolvidos na proposta e possibilitando o acesso ao *software* pelos demais indivíduos da população.

Caracteres humanos herdados utilizados com maior frequência nos textos, exercícios e nas ilustrações dos livros didáticos foram preponderantes na escolha dos caracteres utilizados na investigação. Outro critério utilizado foi avaliar características visíveis fenotipicamente, de fácil identificação e que não causassem constrangimento aos portadores. Foram utilizadas para a avaliação: a questão da lateralidade (destro ou canhoto), o polegar que se sobrepõe ao cruzar as mãos (direito ou esquerdo), o braço que se sobrepõe ao cruzar os braços (direito ou esquerdo), a forma do polegar (ângulo gerado ao alongar o dedo), o lóbulo da orelha (preso ou solto), a implantação dos cabelos na testa (em bico ou linha frontal reta) e a capacidade de enrolar a língua. Informações como sexo, data de nascimento, escola, cidade e estado foram inseridas para complementar as informações coletadas.

O contato com a 9ª Coordenadoria Regional de Educação (CRE) possibilitou a autorização para desenvolver o projeto nas escolas do município e facilitou o acesso a elas e aos professores de Biologia do Ensino Médio, de modo que pudéssemos trabalhar juntos na execução da proposta.

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade de Cruz Alta, atendendo à resolução n. 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Foi aprovado, com o registro no Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) n. 20573613.0.0000.5322. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi adaptado e posteriormente inserido no ambiente *on-line* no intuito de resguardar os alunos que não tivessem interesse em responder ou se sentissem constrangidos em fornecer as respostas aos questionamentos solicitados.

Um teste-piloto foi desenvolvido com 870 alunos do Ensino Fundamental, utilizando como instrumento de coleta de dados uma ficha de entrevista com questões fechadas. Uma avaliação das questões e dos resultados obtidos foi responsável pela validação do questionário.

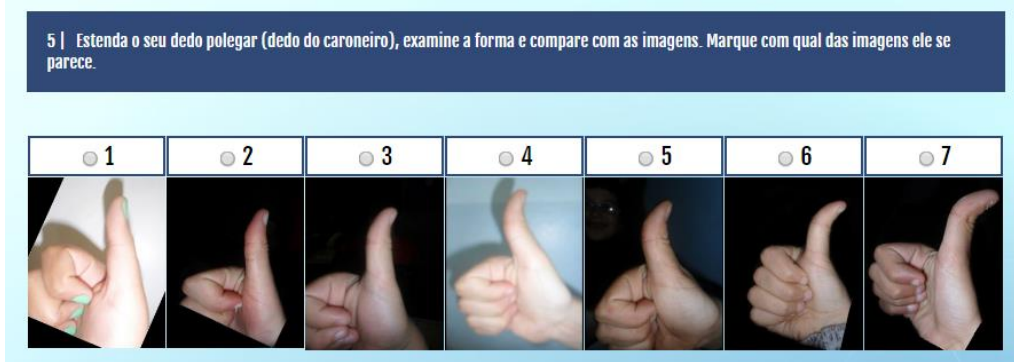
Com os primeiros dados coletados, inúmeras dúvidas começaram a aparecer com relação à identificação, principalmente de dois caracteres: a forma do polegar e o lóbulo da orelha. Registros fotográficos do dedo polegar e do lóbulo da orelha foram realizados. Uma análise quantitativa permitiu a distribuição desses registros em classes, optando por uma escala de um a sete para o ângulo formado pelo dedo polegar estendido (reto a extremamente curvado) e um a cinco para o modo de aderência do lóbulo da orelha (totalmente aderido a totalmente solto).

Na sequência, optou-se pela construção de um ambiente virtual que possibilitasse uma coleta de dados mais precisa, interessante sob o ponto de vista dos alunos, que permitisse uma rápida e fácil avaliação estatística e que pudesse fornecer gráficos e percentuais para os dados coletados. O questionário disponível em ambiente virtual pode ser acessado em <<http://pesquisas.unicruz.edu.br/genetica>>.

O sistema “Identificação de Caracteres Humanos Herdados” foi projetado para executar a coleta de dados com tecnologias voltadas à web, utilizando como linguagem de desenvolvimento o PHP (*Hypertext PreProcessor*), favorecendo a interação com o público-alvo – estudantes do Ensino Médio e acadêmicos dos cursos da área da saúde (ROCHA, 2007; NIEDERAUER, 2004). O PHP é uma das linguagens mais utilizadas, é gratuito e possui um código-fonte aberto, *Open Source*, assim como o MySQL, e sua documentação é amplamente detalhada e disponível no site oficial. A escolha do servidor web Apache para alocar o *software* atende aos mesmos princípios: robustez, segurança, muito utilizado, é livre, regulado pela licença GNU *Public License* (MARCELO, 2005).

Os caracteres utilizados no sistema foram os mesmos do piloto, alterando apenas a proposta de questionamento para o “dedo do caroneiro” e a “forma do lóbulo da orelha”, que foram distribuídos de modo sequencial, conforme Figuras 1 e 2.

Figura 1 – Forma do polegar e suas variações



Fonte: A autora (2017).

Figura 2 – Forma do lóbulo da orelha e suas variações



Fonte: A autora (2017).

Formas de controle foram inseridas no *software* de modo a limitar a participação dos alunos, como o número de matrícula (para a rede básica de ensino) e registro acadêmico, garantindo maior confiabilidade estatística. O programa desenvolvido permite a avaliação dos dados de forma individualizada por escola, por característica e das interações entre esses caracteres. Outras avaliações também podem ser inseridas a partir dos dados coletados. Gráficos de frequência são disponibilizados e atualizados após cada inserção de um novo indivíduo na avaliação em relatórios (<http://pesquisas.unicruz.edu.br/genetica/relatorio/relatorio%20II.php>).

Resultados e discussão

O sistema “Identificação de caracteres humanos herdados” proposto e projetado para executar a coleta de dados com tecnologias voltadas à web possibilita o acesso simples e rápido por diferentes públicos e uma alternativa metodológica de investigação do padrão de herança de caracteres humanos.

Uma amostra de 3.183 indivíduos respondeu ao formulário *on-line*, sendo que destes são: 1.260 acadêmicos, 1.808 alunos do Ensino Médio e 115 indivíduos não pertencentes a nenhuma dessas categorias. A amostra dos alunos do Ensino Médio corresponde a 86% do total de alunos matriculados, número bem significativo quanto à participação. Sete escolas da rede pública que oferecem Ensino Médio e uma escola de ensino supletivo estão representadas nessa amostra, constituída por 56% de indivíduos do sexo feminino e 44% de indivíduos do sexo masculino. Tabelas e percentuais obtidos com relação à frequência dos caracteres avaliados estão disponibilizados no endereço: <http://pesquisas.unicruz.edu.br/genetica/relatorio/relatorio%20II.php>.

Cabe destacar que os resultados apresentados são os disponibilizados em 28/09/2017, tendo em vista que o sistema se atualiza conforme as avaliações vão acontecendo. Resultados da avaliação de 860 alunos do Ensino Fundamental sob a forma de fichas de entrevistas (piloto) podem ser visualizados em Baiotto *et al.* (2013).

Para a identificação de indivíduos destros e canhotos, é preciso considerar que a mão de uma pessoa (*handedness*) corresponde ao domínio de uma mão sobre a outra, ou seja, a distribuição desigual das habilidades motoras finas entre as mãos esquerda e direita em atividades que empregam muitos neurônios no cérebro e requerem processos neurológicos muito especializados. A lateralidade, por sua vez, é um conceito semelhante, mas um pouco mais amplo, e se refere à preferência geral de um lado do corpo sobre o outro, nesse caso, utilizado como sinônimo no texto (TEIXEIRA; OKAZAKI, 2007).

A lateralidade, cruzar as mãos e dobrar os braços são funções atribuídas a processos evolutivos de desenvolvimento de dominância cerebral. Embora sem vantagens seletivas aparentes, são clinicamente importantes no diagnóstico e tratamento de acidentes vasculares cerebrais e afasias (MCCRONE, 2000).

Nesta pesquisa, utilizou-se a preferência autorreferida da mão na realização de tarefas manuais como forma de identificação da lateralidade, de acordo com McManus (2002) e Paschoarelli *et al.* (2008). Sob esse enfoque, foram identificados 11% de indivíduos canhotos e 89% de indivíduos destros na amostra considerada (Figura 3).

A prevalência de indivíduos canhotos é bastante heterogênea nas populações, mas oscila em torno de 10% (SUN; WALSH, 2006). Em estudos com mais de 400 indivíduos, variou de 2% a 12,7% (DAMON, 1973.; BAIOTTO *et al.*, 2013). Rhoads e Damon (2005) não encontraram diferenças entre sexo. Freire-Maia *et al.* (1958) e Ponds (1961) encontraram diferenças com relação à idade e maior número de mulheres destrás. Guardiola, Ferreira e Rotta (1998), por outro lado, demonstraram que a lateralidade mal estabelecida se constitui um fator de risco para o aprendizado.

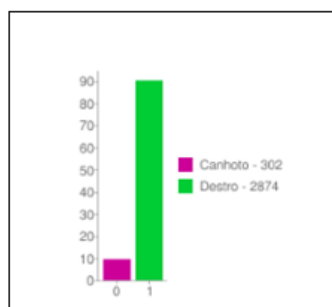
Para a característica cruzar as mãos, colocando o dedo direito sobre os demais, foi constatada em 51% dos estudantes avaliados, enquanto posicionar o dedo esquerdo na face superior ao cruzar as mãos, foi constatado em 49% (Figura 4). Cerca de metade das pessoas posicionam o polegar direito na face superior ao cruzar as mãos (WIENER, 1932; FREIRE-MAIA *et al.*, 1958; LAI; WALSH, 1966; REISS, 1999). Em estudo de revisão, Reiss (1999) encontrou variações entre 40 e 75% em populações ao redor do mundo, com uma proporção pequena de pessoas sem preferência (1%). Rhoads e Damon (2005), ao avaliarem 1.438 pessoas na Oceania, identificaram 66% de preferência para o polegar direito, sem associação com sexo e idade, enquanto que Odokuma *et al.* (2011) encontrou índices de 60%, valores considerados superiores aos de Freire-Maia *et al.* (1958).

O posicionamento do polegar ao cruzar as mãos tem sido usado para comparar populações e está presente nos livros didáticos de Biologia (Genética básica). O fato de ser descrita como controlada por um par de genes com dominância do esquerdo na face superior é apontado por MacDonald (2011) como um mito da genética. Uma influência genética muito reduzida pode ser inferida a partir da acentuada diferença entre gêmeos monozigóticos (REISS, 1999) e ausência de padrões familiares de herança (RHOADS; DAMON, 2005).

Posicionar o braço direito sobre o esquerdo é outro caráter identificado em genética básica, descrito como resultado da ação de um par de genes com dominância do braço direito. A maioria das pessoas posiciona os braços de um único modo, sentindo-se desconfortável ao mudar a posição. Cruzar os braços e posicionar o braço direito sobre o esquerdo foi indicado como posição preferencial por 70% dos indivíduos, enquanto 30% coloca o braço esquerdo em cima (Figura 5). Valores bem maiores aos descritos por McManus e Mascie-Taylor (1979), quando afirmam que na maioria das populações há um pequeno predomínio do lado direito.

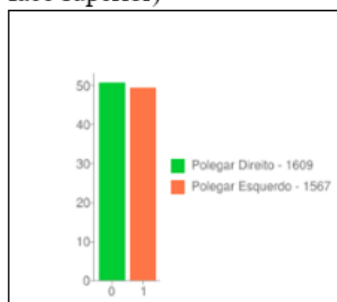
Estudos familiares não são conclusivos com relação à base genética (WIENER, 1932) e demonstram apenas uma pequena associação (REISS; REISS, 1998).

Figura 3 – Maior habilidade no lado direito ou esquerdo



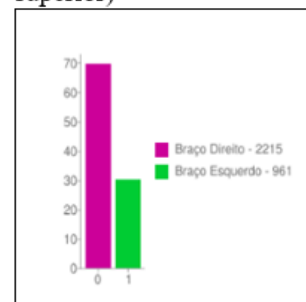
Fonte: Relatório do *software*.

Figura 4 – Modo de posicionar o polegar ao cruzar as mãos (qual fica na face superior)



Fonte: Relatório do *software*.

Figura 5 – Modo de posicionar o braço ao cruzar os braços (qual fica na face superior)



Fonte: Relatório do *software*.

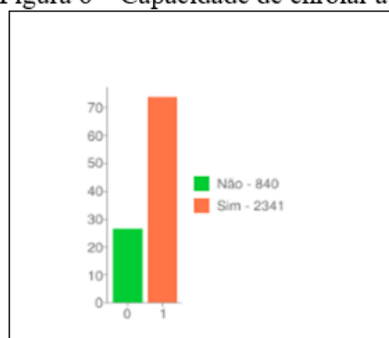
Do mesmo modo, estudo com gêmeos demonstram ser pouco provável a perspectiva de ser determinado pela ação de um par de genes (REIS; REIS, 1998). Questionados sobre a capacidade de enrolar a língua, independentemente da forma como fazem, 74% descreveram serem capazes e 26% que não são capazes (Figura 6). Esse caráter está presente em 40% dos livros didáticos do Programa Nacional do Livro Didático e, mesmo com todas as dúvidas a respeito do caráter, é um dos mais citados pelos professores de Genética básica (BAIOTTO; LORETO, 2017a).

A proporção de pessoas que podem enrolar a língua varia de 65 a 81% (STURTEVANT, 1940; LEE, 1955). Estudos sugerem um aumento da capacidade de enrolar a língua ao longo dos anos (REEDY *et al.*, 1971; STURTEVANT, 1940), demonstrando claramente a influência ambiental sobre o caráter. Martin (1975), em estudo com gêmeos, destaca a ausência de evidência para sustentar uma base genética monogênica para esse caráter.

A forma de implantação dos cabelos na cabeça foi identificada na pesquisa em 46% dos indivíduos da amostra como em linha frontal reta e 54% em bico, denominada bico de viúva (Figura 7). Constitui-se em um caráter descrito em 50% (n=8) das obras analisadas no PNLD de 2012 atribuído à ação de um par de genes com dominância da forma em bico (BAIOTTO; LORETO, 2017a).

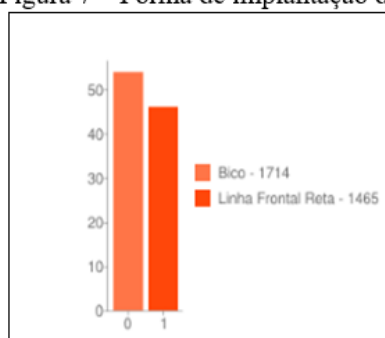
Não existem estudos familiares a respeito desse caráter, e as investigações de prevalência são avaliações de fotos de indivíduos como o de Smith e Cohen (1973). Esses autores ainda apontaram uma associação entre hipertelorismo ocular e bico de viúva.

Figura 6 – Capacidade de enrolar a língua



Fonte: Relatório do *software*.

Figura 7 – Forma de implantação dos cabelos



Fonte: Relatório do *software*.

Resultado interessante pode ser observado com relação ao ângulo formado ao dobrar o polegar (dedo do caroneiro). A distribuição em 7 (sete) classes (reto ao curvo) permitiu identificar frequências bem específicas para cada uma das formas, levando a configuração de uma curva normal, ficando bem evidente a característica poligênica (Figura 8). Harris e Joseph (1949) mediram o ângulo formado na dobra do dedo de quase trezentos indivíduos, e o resultado foi distribuído em classes que destacam a herança contínua observada nesta proposta.

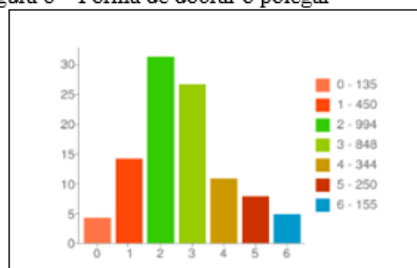
Independentemente desses resultados, na Genética básica esse caráter, assim como os anteriormente descritos, ainda é identificado com dois fenótipos possíveis (dobra ou não dobra o polegar) (BORGES-OSÓRIO; ROBINSON, 2013), do mesmo modo que foi definido por Glass e Kistler (1953) ao atribuir o caráter a um par de genes com dois alelos.

A forma como o lóbulo da orelha se insere na face foi categorizado a partir das observações do piloto em cinco tipos (totalmente aderido a totalmente solto). O lóbulo preso (aderido) se é identificado em 33% dos indivíduos, valores semelhantes foram encontrados para lóbulo parcialmente preso, e os demais em ordem decrescente, como pode ser visualizado na Figura 9.

A forma de inserção do lóbulo da orelha está entre os principais caracteres utilizados como exemplos de herança monogênica pelos autores dos livros didáticos (BRASIL, 2011). Destaca-se no texto e nos exercícios (em número de citações), sempre atribuído a um par de genes com dominância e dois fenótipos possíveis (lóbulo preso e lóbulo livre) (BAIOTTO; LORETO, 2017a). Lóbulos intermediários já foram propostos por El Kollali (2009) e Duta e Ganguly (1965). Estudos familiares conduzidos utilizando a presença de dois alelos encontraram resultados distintos com relação à dominância (LAI; WALSH, 1966; MOHANRAJU; MUKHERJEE, 1973). No entanto, resultados parecem inferir uma

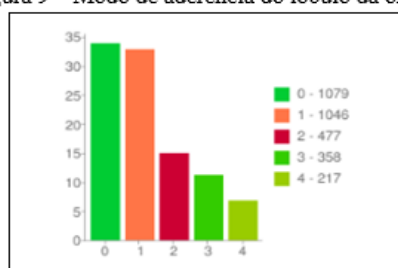
prevalência maior de indivíduos de lóbulo preso e variações bem evidentes nos de lóbulo livre (menos solto a mais solto).

Figura 8 – Forma de dobrar o polegar



Fonte: Relatório do *software*.

Figura 9 – Modo de aderência do lóbulo da orelha



Fonte: Relatório do *software*.

Uma síntese dos caracteres avaliados indicando frequência, referências e número de livros que citam o caráter está disponibilizada no Quadro 1, na sequência.

Quadro 1 – Comparação do padrão de herança de alguns caracteres humanos herdados com referenciais da área

Característica	Frequência encontrada	OMIM/Referências	Livro didático (Número de obras = 8)
Enrolar a língua: – Tem capacidade de enrolar a língua. – Não tem capacidade de enrolar a língua.	74% capazes. 26% não são capazes de enrolar a língua.	OMIM 189300 HMS* – base mendeliana, necessita de estudos mais efetivos. Whitney, 1950 – herdada provavelmente como dominante. Sturtevant (1965) discordância em gêmeos monozigóticos, sugerindo pouca base genética para a característica. Hirschhorn (1970) inseriu a aprendizagem. Martin (1975) excluiu a determinação genética (estudo com gêmeos).	1 obra descreve uma possível influência da aprendizagem devido à elevada discordância entre gêmeos. 3 obras descrevem como padrão de herança simples.
Lateralidade: – Destro. – Canhoto.	11% canhotos. 89% destros.	OMIM% 139900: base molecular desconhecida. Rife (1940): herança multifatorial, influenciada por componentes genéticos, culturais e ambientais. Annett (1964): dominância incompleta ou intermediária. Bishop (2001): sem evidências do papel dos genes no caráter. Outros: herança monogênica com domínio do destro sobre o canhoto.	4 obras utilizam como herança autossômica monogênica com dominância do destro sobre o canhoto. 1 obra se refere a discordância encontrada em gêmeos idênticos. 1 obra faz menção a indivíduos ambidestros.
Cruzar as mãos: – Sobrepondo o polegar direito. – Sobrepondo o polegar esquerdo.	51% posicionam o dedo na face superior ao cruzar as mãos. 49% posicionam o dedo esquerdo na face superior ao cruzar as mãos.	OMIM% 139800 HMS* - base mendeliana, necessita de estudos mais efetivos. Lai e Walsh (1965): pouca influência dos fatores genéticos. Falk e Ayala (1971): correlações significativas entre pais e descendentes sugeriram herança poligênica.	1 obra: monogênica, dominante a sobreposição do polegar esquerdo.

Característica	Frequência encontrada	OMIM/Referências	Livro didático (Número de obras = 8)
		Martin (1975) exclui a determinação genética com base em estudo de gêmeos.	
Cruzar os braços: – Sobreposição do braço direito. – Sobreposição do braço esquerdo.	67% posicionam o braço direito sobre o esquerdo. 33% posicionam o braço esquerdo sobre o direito.	OMIM% 107850 HMS* - base mendeliana, necessita de estudos mais efetivos. Falk e Ayala (1971): traços hereditários, possivelmente não mendeliano. Ferronato <i>et al.</i> (1974): sem correlação significativa entre pais e filhos para o caráter.	1 obra: monogênico, dominante a sobreposição do braço direito.
Implantação dos cabelos na cabeça - em bico - em linha frontal reta.	54% em bico. 46% em linha frontal reta.	OMIM% 194000 HMS* - base mendeliana, necessita de estudos mais efetivos. Winchester (1958): herdada como dominante. Smith e Cohen (1973) apontaram uma associação entre hipertelorismo ocular e bico da viúva.	4 obras: padrão monogênico, linha em bico dominante.
Lóbulo da orelha. - lóbulo preso (+ aderido) ao solto (+ livre)	1. 33% 2. 33% 3. 15% 4. 12% 5. 7% (Figura 2)	OMIM 128900 HMS*- base mendeliana, necessita de estudos mais efetivos. Dutta e Ganguly (1965) sugeriram herança poligênica (improvável padrão monogênico) Lai e Walsh (1966) improvável herança mendeliana – muitos lóbulos da orelha”.	5 obras atribuem às formas preso ou solto a um padrão monogênico.
Hiperextensibilidade do polegar (dedo do caroneiro). - Do menos flexível ao mais flexível	1. 4% 2. 14% 3. 31% 4. 27% 5. 11% 6. 8% 7. 5% (Figura 1)	OMIM 274200 HMS* - base mendeliana, necessita de estudos mais efetivos. Glass e Kistler (1953): polegar hiperextensível foi julgado recessivo, gene responsável com uma frequência de 49% (EUA).	2 obras apresentam como caráter autossômico recessivo.

Fonte: A autora (2017).

HMS * Fenótipos com suspeita de base mendeliana (Fonte OMIM)

Considerações finais

A identificação da frequência dos caracteres tomada como um todo permite inferir diferenças entre herança monogênica e poligênica. Entretanto, analisados de forma individual, os dados de prevalência não possibilitam a identificação nem a confirmação de herança monogênica, como essas características têm sido interpretadas na Genética básica. Do mesmo modo, não é possível distinguir nesta investigação o papel do ambiente e dos demais fatores epigenéticos na expressão dessas características.

Cabe destacar que os dados populacionais coletados servem de subsídios para a introdução à Genética Básica no ensino, possibilitando excelentes discussões a respeito dos padrões de herança associados, dos fatores ambientais que envolvem a expressão deles e do caráter científico da pesquisa, envolvendo as descobertas dos padrões de herança. Reforçam, ao mesmo tempo, a preocupação com a necessidade de utilização de forma mais consciente de traços humanos na contextualização de herança monogênica por parte dos professores e autores dos livros. Entende-se que característica com informação dúbia deve ser substituída por outras com padrão de herança já determinado e que ainda possam dar conta das vantagens atribuídas pelos professores, como: facilitar a compreensão, despertar a curiosidade e promover uma melhor e mais significativa aprendizagem.

O *software* elaborado é apropriado para este tipo de investigação, visto que a amostra pode ser ampliada e os resultados podem fornecer subsídio para pesquisas longitudinais e de abordagem molecular, que podem contribuir na identificação dos componentes genéticos relacionados à expressão dessas características.

Referências

ANNETT, M. A model of the inheritance of handedness and cerebral dominance. **Nature**, v. 204, p. 59-60, 1964. doi:10.1038/204059a0.

BAIOTTO, C. R. *et al.* Frequência de traços humanos hereditários em uma amostra da população de Cruz Alta/RS. In: SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, XVIII, 2013, Cruz Alta. **Anais...** Cruz Alta/RS: UNICRUZ, 2013.

BAIOTTO, C. R.; LORETO, E. L. S. Alguns contrapontos da utilização de caracteres humanos herdados no ensino de genética em livros didáticos. **RenCiMa**, 2017a. Submetido

_____; _____. Ensinar padrões de herança mendelianos utilizando caracteres humanos – percepção dos professores. **Contexto & Educação**, 2017b. No prelo.

BAIOTTO, C. R.; SEPEL, L. M. N.; LORETO, É. L.S. Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelhas. **Genética na Escola**, v. 11, p. 286-293, 2016. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_2cdb152d15264daf9419bc8a9c60b654.pdf. Acesso em: 20 ago. 2017.

BEIGUELMAN, B. **Genética de populações humanas**. Ribeirão Preto: SBG, 2008.

BISHOP, D. V. M. Individual differences in handedness and specific speech and language impairment: evidence against a genetic link. **Behavior genetics**, v. 3, p. 339-351, 2001.

BORGES OSÓRIO, M. R.; ROBINSON, W. M. **Genética humana**. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, Editora da Universidade UFRGS, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **Guia de Livros Didáticos: PNLD 2012 – Biologia**. Brasília: MEC/SEF, 2011.

DAMON, A. Algumas características genéticas nas populações das Ilhas Salomão. I. Introdução: pessoas e habitats. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 39, n. 2, p. 169-173, 1973.

DUTTA, P.; GANGULY, P. Further observations on ear lobe attachment. **Acta Genetica**, v. 15, p. 77-86, 1965.

El KOLLALI, R. Earlobe morphology: a simple classification of normal earlobes. **JPRAS**, v. 62, p. 277-280, 2009. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjps.2008.01.046>.

FERRONATO, S. et al. Preferences for handedness, arm folding, and hand clasping in families. **Human Heredity**, v. 24, p. 345-351, 1974. doi: 10.1159/000152670.

FREIRE-MAIA, A. Twin data on hand clasping: a reanalysis. **Acta Genetica Et Statistica Medica**, v. 10, p. 207-211, 1961.

FREIRE-MAIA, N. A. *et al.* Hand clasping in different ethnic groups. **Human Biology**, v. 30, p. 281-291, 1958.

GLASS, B.; KISTLER, J. C. Distal hyperextensibility of the thumb. **Acta Genetica Et Statistica Medica**, v. 4, p. 92-206, 1953.

GUARDIOLA, A.; FERREIRA, L. T. C; ROTTA, N. T. Associação entre desempenho das funções corticais e alfabetizadoras em uma amostra de escolares de primeira série de Porto Alegre. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 56, n. 2, 1998. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0004-282X1998000200019>.

HARRIS, H.; JOSEPH, J. Variation in extension of the metacarpophalangeal and interphalangeal joints of the thumb. **Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 31, p. 547-559, 1949.

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 1, p. 35-50, 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132011000100003>.

LAI, L. Y. C.; WALSH, R. J. Observations on ear lobe types. **Acta Genetica**, v. 16, p. 250-257, 1966.

LEE, J. W. 1955. Tongue-folding and tongue-rolling in an American Negro population sample. **Journal of Heredity**, v. 46, p. 289-291. doi: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a106581>.

LEWIS, R. **Genética humana: conceitos e aplicações**. Tradução de Paulo Armando Motta. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara/Koogan, 2004.

LIMA, J. F. L.; PINA, M. S. L.; BARBOSA, R. M. N.; JÓFOLI, Z. M. S. A contextualização no ensino de cinética química. **Química Nova na Escola**, n. 11, p. 27-29, 2000. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a06.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2017.

- MACDONALD, J. H. **Myths of Human Genetics**. University of Delaware. 2011. Disponível em: <http://udel.edu/~mcdonald/mythintro.html>. Acesso em: 6 jun. 2017.
- MARCELO, A. **Apache: configurando o servidor WEB para Linux**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Brasport, 2005.
- MARTIN, N. G. No evidence for a genetic basis of tongue rolling or hand clasping. **Journal of Heredity**, v. 66, p. 179-180, 1975.
- MCCRONE, J. “Right Brain” or “Left Brain” – Mith or Reality. **New Scientist**, v. 21, p. 26-30, 2000.
- MCMANUS, I. C. **Right hand, left hand: the origins of asymmetry in brains, bodies, atoms and cultures**. Cambridge: Harvard University Press, 2002.
- MCMANUS, I. C.; MASCIE-TAYLOR, C. G. N. Hand clasping and arm folding: A review and a genetic model. **Annals of Human Biology**, v. 6, p. 527-558, 1979. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/03014467900003931>.
- MOHANRAJU, C.; MUKHERJEE, D. P. Ear lobe attachment in an Andhra village and other parts of India. **Human Heredity**, v. 23, p. 288-297, 1973.
- NIEDERAUER, J. **Desenvolvendo websites com PHP**. São Paulo: Novatec, 2004.
- NUSBAUM, R. L. et al. **THOMPSON & THOMPSON: Genética Médica**. Tradução de Paulo Armando Motta. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara/Koogan, 2002.
- ODOKUMA, E. I.; OTUAGA, P. O.; OBASEKI, D. E.; EJEBE, D. A study on hand clasping traits in an African population. **Scientific Research and Essays**, v. 6, n. 7, p. 1692-1693, 2011. Disponível em: <http://www.academicjournals.org/journal/SRE/article-abstract/BE0515120484>. Acesso em: 30 ago. 2017.
- PASCHOARELLI, L. C. *et al.* Manipulação de instrumentos manuais e a influência da dominância nos aspectos perceptivos e de desempenho: uma contribuição do design ergonômico. **Revista Assentamentos Humanos**, v. 8, n. 1, p. 9-23, 2008.
- PASTERNAK, J. J. **Uma introdução à Genética Molecular Humana: mecanismos das doenças hereditárias**. Tradução de P. A. Motta. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
- PONDS, J. Hand clasping (Spanish data). **Annals of Human Genetics**, v. 25, p. 141-144, 1961. doi: 10.1111/j.1469-1809.1961.tb01511.x.
- REEDY, J. J.; SZECZES, T.; DOWNS, T. D. Tongue rolling among twins. **Journal of Heredity**, v. 62, n. 2, p. 125-131, 1971
- REISS, M. The genetics of hand-clasping--a review and a familial study. **Annals of Human Biology**, v. 26, n. 1, p. 39-48, 1999.
- REISS, M.; REISS, G. Arm-folding in families: A review of literature and some new data. **Psychologia**, v. 41, p. 81-87, 1998.

RHOADS, J. G.; DAMON, A. Some Genetic Traits in Solomon Island Populations II. Hand clasping, arm folding, and handedness. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 3, n. 9, p. 179-184, 2005. doi: 10.1002/ajpa.1330390206.

RIFE, D. C. Handedness with special reference to twins. **Genetics**, v. 25, p. 178-186, 1940. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1209084/pdf/178.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2017.

ROCHA, R. L. A. Tecnologia adaptativa aplicada ao processamento computacional de língua natural. **Revista IEEE América Latina**, v. 5, n. 7, p. 544-551, 2007. Disponível em: http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol05/vol5issue7Nov.2007/5TLA7_09daRocha.pdf. Acesso em: 28 ago. 2017.

SILVA, E.; MARCONDES, M. E. R. Visões de contextualização de professores de química na elaboração de seus próprios materiais didáticos. **Revista Ensaio**, v. 12, n. 1, p. 101-118, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/epec/v12n1/1983-2117-epec-12-01-00101.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2017.

SMITH, D. W.; COHEN, M. M. Widow's peak scalp-hair anomaly and its relation to ocular hypertelorism. **Lancet**, v. 2, p. 1127-1128, 1973. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(73\)90939-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(73)90939-2).

STURTEVANT, A. H. **A History of Genetics**. New York: Harper and Row, 1965.

_____. A new inherited character in man. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**, v. 26, p. 100-102, 1940.

SUN, T.; WALSH, C. A. Molecular approaches to brain asymmetry and handedness. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 7, p. 655-662, 2006. doi:10.1038/nrn1930.

TEIXEIRA, L. A.; OKAZAKI, V. H. A. Shift of manual preference by lateralized practice generalizes to related motor tasks. **Experimental Brain Research**, v. 183, p. 417-23, 2007. doi: 10.1007/s00221-007-1148-0.

WIENER, A. S. Observations on the manner of clasping the hands and folding the arms. **Am. Naturalist**, v. 66, p. 365-370, 1932.

3.6 UTILIZAÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA DE APRENDIZAGEM ATIVA PARA MINIMIZAR OS PROBLEMAS ASSOCIADOS À CONTEXTUALIZAÇÃO DE PADRÕES DE HERANÇA MENDELIANOS COM CARACTERES HUMANOS

3.6.1 Elaboração de uma proposta colaborativa de utilização dos caracteres humanos no ensino de padrões de herança Mendelianos

A análise dos resultados da investigação com relação à frequência dos caracteres humanos, utilização desses exemplos nos livros didáticos, somados aos questionamentos e proposições dos professores envolvidos no decorrer da realização da proposta, foram determinantes na mudança da estratégia prevista no projeto. Num primeiro momento, entendia-se como necessária apenas a devolução dos resultados às escolas, para que pudessem trabalhar com base neles.

Constatadas as dificuldades descritas na análise das entrevistas, entendeu-se, como prioridade, elaborar alternativas em conjunto com os professores no sentido de minimizar esses efeitos e para que fossem realmente efetivadas por eles. Do mesmo, optou-se por trabalhar com a busca por referenciais atualizados e *links* com atividades, condicionando uma maior autonomia dos professores na busca de informações, de forma a não distorcer os conhecimentos da área nos processos de transposição didática.

Uma atividade diferenciada foi proporcionada ao grupo de professores de Biologia do Ensino Médio, oferecida em etapas sequenciais como curso de formação na modalidade de extensão, que foi cadastrado na universidade e disponibilizado à Coordenadoria de Educação, que prontamente concordou e viabilizou a participação dos professores.

3.6.1.1 Desenvolvimento/operacionalização

3.6.1.1.1 Curso de formação – público-alvo e organização

A “Formação de Professores – Padrões de Herança de Caracteres Humanos” teve como público-alvo os professores de Biologia de escolas de Ensino Médio da rede pública de Cruz Alta/RS, contabilizando uma carga horária de 40 horas, certificado e cadastrado no setor de eventos da Universidade de Cruz Alta. A inscrição aconteceu via *on-line*, por meio do setor de eventos e autorizada pela 9ª Coordenadoria Regional de Educação (CRE). Sete escolas

oferecem o Ensino Médio e dezessete professores estão cadastrados para atuar no ensino de Biologia nessas escolas.

A formação teve por objetivo geral: identificar as características humanas utilizadas no ensino de Genética, o modo de herança atribuído a cada uma delas e elaborar proposta de atividade de modo a minimizar as inconsistências e os problemas constatados no ensino dos padrões de herança. Como objetivos específicos, destacam-se: proporcionar atualização com relação ao padrão de herança dos caracteres humanos, estimular a capacidade reflexiva e investigativa e avaliativa do professor e, por consequência, dos alunos e trabalhar o processo de sistematização dos resultados através da escrita colaborativa da proposta e dos resultados da sua aplicação na escola. Atividades de investigação e reflexão sobre a prática pedagógica serão propiciadas com a formação oferecida.

3.6.1.1.2 Etapas e abordagem metodológica

Diferentes abordagens metodológicas foram utilizadas no processo de formação, de entrevista, seminários, discussões, investigação, análise, expositiva participativa e sistematização de resultados, com escrita colaborativa, distribuídas em duas etapas: ciclos de estudos I e II, conforme disposto no Quadro 3, a seguir, e descritos na sequência.

Quadro 3 – Etapas da formação de professores em Genética

Etapas	Objetivos	Proposta metodológica	Avaliação	Data	Hora
Ciclo de Estudos I					
Identificação das estratégias e os caracteres humanos utilizados pelos professores para trabalhar padrões de herança.	Conhecer/diagnosticar os caracteres humanos e as estratégias utilizadas pelos professores no ensino dos padrões de herança.	Ficha de entrevista individual.	Levantamento e avaliação estatística dos resultados.	Agosto a setembro 2015.	4 horas.
Seminário para compartilhar propostas e experiências.	Identificar propostas e estratégias de trabalho relativas à utilização de caracteres humanos. Proporcionar momentos de discussão e reflexão.	Seminário.	Apresentação pelos professores de suas estratégias de ação	29/02.	4 horas.

Etapas	Objetivos	Proposta metodológica	Avaliação	Data	Hora
Ciclo de Estudos II					
Aplicação do <i>software</i> com os alunos da escola.	Identificar os caracteres mais comuns entre os indivíduos da população.	Preenchimento pelos alunos da escola de ficha disponível na Internet.	Número de acessos total e por escola.	Abril a dez. de 2015.	8 horas.
Análise estatística dos resultados – respostas dos alunos no <i>software</i> .	Avaliar os padrões de herança encontrados através dos resultados disponíveis no programa.	Construção de gráficos e análise dos dados disponíveis no relatório do <i>software</i> .	Gráficos e percentuais estabelecidos.	Fev. 2016.	4 horas.
Proposta de atividade para o ensino dos padrões de herança utilizando caracteres humanos.	Identificação e apresentação das estratégias utilizadas e construção de proposta do grupo.	Construção colaborativa de planejamentos de ações experimentais.	Planejamento conjunto das atividades.	10/03. 04/04. EAD.	12h (8h pres. + 4 EAD).
Outras estratégias e sugestões para o ensino de padrões de herança em genética.	Proporcionar alternativas de trabalho para o desenvolvimento dessa temática.	Apresentação e desenvolvimento de diferentes estratégias de ensino.	Participação no encontro.	11/04.	4 horas.
Encontro de avaliação e apresentação das atividades propostas.	Avaliar a proposta apresentada e as estratégias desenvolvidas no curso e diante dos alunos.	Avaliação das atividades – grupo. Escrita colaborativa de resultados evidenciados para submissão ao evento do Mercosul.	Resumos elaborados pelo grupo. Seminário de apresentação dos resultados.	18/05.	4 horas.

Fonte: A autora (2017).

Foram incluídas nas horas do curso todas as atividades com a participação dos professores, desde a entrevista, a aplicação do instrumento de coleta de dados com a utilização do *software* até as atividades presenciais de discussão e reflexão da proposta.

3.6.1.1.3 Atividades desenvolvidas

O seminário permitiu a reflexão com os professores, em pequenos grupos, com relação aos caracteres humanos e questionamentos realizados pelos alunos nas aulas de Genética que ministram (Quadro 4), com posterior apresentação e discussão a respeito do padrão de herança associado e das experiências pessoais.

Quadro 4 – Questionamentos para discussão em grupo – Seminário

Questionamentos	Considerações do grupo a respeito	Caso tenha dúvida, onde encontra subsídio para este questionamento?
1. Considerando o caráter inserção dos cabelos em bico monogênico condicionado por um gene autossômico dominante, pais com o caráter podem ter filhos sem o mesmo?		
2. O contrário é possível?		
3. Um indivíduo canhoto pode ter pais destros?		
4. Em se tratando da capacidade de enrolar a língua, é possível que uma criança, filha de pais que não possuem essa capacidade, possa enrolar a língua?		
5. Pais de olhos verdes podem ter filhos de olhos castanhos?		
6. É possível que uma criança tenha um lóbulo da orelha preso e o outro solto? Justifique.		

Fonte: A autora (2017).

As questões, embora muito básicas, suscitaram inúmeras perguntas e revelaram um número maior ainda de dúvidas a respeito dos padrões de herança questionados na entrevista.

Percebe-se que os professores são unânimes em afirmar que um caráter recessivo pode se manifestar em filhos de pais dominantes, mas heterozigotos. No entanto, desconsideraram nessa discussão a possibilidade de um caráter ser condicionado por mais pares de genes ou ter uma influência do ambiente para se manifestar. Duas questões chamam a atenção. Na primeira, apenas um dos quatro grupos considerou a possibilidade de pais de olhos verdes poderem ter filhos de olhos castanhos, relacionando a expressão do caráter a mais genes. Os grupos que consideraram isso impossível atribuem essa informação aos livros, o que demonstra mais ainda os problemas associados às simplificações realizadas pelos autores.

Na segunda questão, a dificuldade observada está em buscar as informações para as dúvidas. Questionados sobre a possibilidade de encontrarmos uma criança com um lóbulo da

orelha preso e outro não, todos concordaram. O problema emerge ao tentar encontrar explicações para esse fato e, principalmente, onde tirar dúvidas a respeito destes e outros questionamentos. Não se levou em consideração questões ambientais, possibilidade de aprendizado e outros aspectos ligados à epigenética. Dados que reforçam a necessidade da atualização e, sobretudo, de fontes de busca para informações atualizadas.

O encontro seguinte iniciou com um breve esquema do percurso metodológico do presente projeto, em seguida retomou as dificuldades no ensino da Genética e, com isso, a necessidade de contextualização e todas as concepções associadas à temática. É consenso entre os professores a utilização dos caracteres humanos como melhor forma de contextualização, com destaque na fala deles com relação às vantagens: despertam a curiosidade natural, consideram os conhecimentos prévios e o cotidiano dos alunos, trazem o contexto de vivência dos alunos para o contexto de aprendizagem, resgatam questões culturais atreladas à transmissão de características e tornam a aprendizagem mais efetiva. Da mesma forma, inúmeras dificuldades foram identificadas e que seguem na mesma linha da proposta apresentada, entre elas: podem gerar problemas associados às questões de familiaridade e grau de parentesco, descrédito na informação científica devido à inconformidade em familiar e, ainda, dificuldades de aprendizagem.

Um relato da avaliação dos oito livros disponibilizados no PNLDEM de 2012 foi oportunizado aos professores, indicando os critérios de avaliação e os resultados obtidos e descritos no artigo “Alguns contrapontos da utilização de caracteres humanos hereditários no ensino de Genética”. Os professores confirmaram a avaliação, complementando com exemplos de sua prática. Deu-se ênfase nesse relato aos caracteres mais comumente utilizados e às categorias de avaliação usadas para descrever os caracteres humanos e sua forma de herança: descrição apropriada, erro conceitual, imprecisão (desvio em relação à descrição) e simplificação, comparada a um referencial atualizado, descrito em capítulo anterior.

A discussão ampliou-se com base no Quadro 4, que relata um pouco das dificuldades associadas à identificação correta do padrão de alguns caracteres humanos herdados. O excesso de simplificações, os conteúdos apresentados de forma equivocada, somados à transposição didática inadequada, foram objeto de debate entre os professores, subsidiados pelas informações do Quadro 5 e considerados por ampliar as dificuldades do ensino de Genética.

Quadro 5 – Comparação do padrão de herança de alguns caracteres humanos herdados com referenciais da área

Característica	OMIM/Referência	Livros/Referência	Livro didático x referências (número de exemplares)
Cor do olho.	OMIM #227220 – Interação genética – determinada por mais pares de genes.	Herança poligênica (LEWIS, 2004).	5 obras – desvio em relação à descrição (citam como herança poligênica, mas em capítulo separado, tratam como monogênico, com dominância do castanho sobre o azul; apenas um deles comenta sobre a necessidade de simplificar em claros e escuros). 1 obra – erro conceitual grave, associa ao olho azul o genótipo albino recessivo aa. 1 obra – descrição correta de acordo com referências sem detalhar o processo. 1 obra – não descreve o caráter.
Cor da pele.	OMIM #227220 – herança multifatorial com a participação de mais pares de genes na produção do pigmento melanina e influência ambiental.	Complexa, multifatorial (BORGES-OSÓRIO; ROBINSON, 2013). Característica poligênica multifatorial (LEWIS, 2004).	5 obras – descrição apropriada de herança poligênica multifatorial. 1 obra – erro conceitual (indivíduo de pele branca como indivíduo albino). 2 obras – não descrevem o caráter.
Enrolar a língua.	OMIM 189300 – padrão de herança simples, determinada por um par de genes, mas que ainda necessita de estudos mais efetivos.	Monogênica – autossômica dominante (BORGES-OSÓRIO; ROBINSON, 2013). learn.genetics.utah (Inherited human traits) – herança monogênica, mas 30% de gêmeos idênticos não compartilham o caráter, possível influência ambiental.	1 obra – descreve uma possível influência da aprendizagem devido à elevada discordância entre gêmeos. 7 obras – descrevem como padrão de herança simples.
Lóbulo da orelha.	OMIM 128900 – desde 1965 descrito como improvável padrão de herança monogênico.	Monogênica – autossômica dominante (BORGES-OSÓRIO; ROBINSON, 2013) learn.genetics.utah – herança monogênica, mas estudos sugerem influência de outros genes.	100% dos autores que citam (cinco obras) atribuem às formas preso ou solto a um padrão monogênico (encontramos diferença em gêmeas monozigóticas – variabilidade muito grande em relação ao lóbulo; dois casos com diferenças dentro do mesmo indivíduo).
Hipertricose auricular.	OMIM 139500 – ligado ao cromossomo X. OMIM 425500 – influenciado pelo sexo.	Citado por 75% das obras analisadas (6 obras). O encontro de mulheres com hipertricose limita as classificações dos autores e alerta com relação ao erro conceitual na descrição desse padrão de	1 obra – autossômica com efeito limitado ao sexo. 1 obra – ligada ao Y. 1 obra – possível característica associada ao Y. 2 obras – herança controversa, mas limitada ao sexo masculino.

Característica	OMIM/Referência	Livros/Referência	Livro didático x referências (número de exemplares)
		herança (EIDT, 2012).	1 obra – de acordo com livro de referência.
Hiperextensibilidade do polegar (dedo do caroneiro).	OMIM 274200 – caráter recessivo.	Monogênica – autossômica dominante (BORGES-OSÓRIO; ROBINSON, 2013).	2 obras – apresentam como caráter autossômico recessivo. 6 obras – não citam (análise prévia detectou variações significativas nesse caráter)

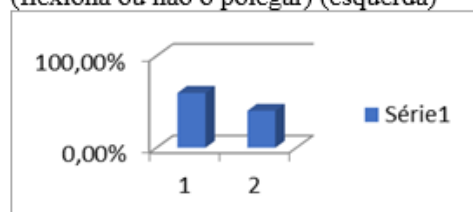
Fonte: A autora (2017).

Na sequência, no terceiro encontro, optou-se por uma discussão dos padrões de herança com os professores através do estudo de um mapa conceitual elaborado pela autora (BAIOTTO, 2013). Essa discussão permitiu retomar conceitos atrelados à herança monogênica, poligênica, dominante e recessiva, entre outras, visto como necessário para a análise dos resultados do processo de investigação realizados com os alunos das escolas. Inúmeros questionamentos foram levantados pelo grupo de professores da formação.

A avaliação dos resultados da pesquisa dos caracteres humanos investigados nas escolas foi realizada com os professores a partir dos dados do projeto-piloto e dos números disponibilizados no relatório do *software*², primeiro em números relativos e sua frequência, depois com análise dos gráficos (Figuras 6 e 7), utilizando os questionamentos descritos a seguir:

1. O que os números relativos me dizem sobre o padrão de herança?
2. O que os gráficos e a análise estatística acrescentam na interpretação dos padrões de herança? (dominante x recessiva; contínua x descontínua.)
3. A organização dos dados no processo de investigação compromete o resultado? (flexão do polegar e do lóbulo da orelha.)

Figura 2 – Resultados coleta de dados piloto (flexiona ou não o polegar) (esquerda)



Fonte: (BAIOTTO, 2016).

Figura 3 – Resultados da investigação com escala de flexão do dedo polegar (direita)



Fonte: (BAIOTTO, 2016).

² Disponível em: <http://pesquisas.unicruz.edu.br/genetica/relatorio/relatorio%20II.php>.

Em seguida, com o propósito de minimizar os problemas decorrentes da utilização de caracteres humanos no ensino dos padrões de herança mendelianos, iniciou-se a elaboração de uma proposta conjunta com o grupo de professores. Um documento foi aberto no *Google Drive*, e o *link* foi encaminhado a todos os professores juntamente com os elementos necessários para a elaboração do modelo de escrita colaborativa, de uma estratégia de ensino e proposta de investigação atrelada a ela. Sintetiza-se, na sequência, a estratégia elaborada.

3.6.1.1.4 Proposta conjunta com o grupo de professores de utilização dos caracteres humanos no ensino dos padrões de herança mendelianos

Estratégia elaborada, passo a passo:

1. Caracteres humanos herdados:
 - Identificar com os alunos suas próprias características (mais comuns) e registrar em uma ficha de frequência ou no quadro. Iniciar com sugestões deles.
 - Diferenciar característica genética e hereditária.
2. Identificar em um voluntário em que ele é único ou quais características são comuns com os demais colegas.
 - Essas fases de observação são importantes no sentido de demonstrar que cada indivíduo é uma combinação única em relação a essas características, que nem sempre são as mais frequentes (importância da variabilidade genética).
 - Nas atividades de observação, é importante que se leve o aluno a perceber que algumas características podem ser facilmente divididas em duas categorias (tem ou não tem) e outras em função das diferenças existentes, precisamos estabelecer diferentes categorias para que os caracteres possam ser enquadrados na investigação. Isso pode ser facilmente demonstrado no lóbulo da orelha e na flexão do dedo polegar, na cor do olho, na altura etc.
 - Outras atividades podem ser trabalhadas de forma paralela ou de forma preliminar no sentido de identificar conceitos necessários ao entendimento da herança genética, como: alelos e cromossomos homólogos. Assim como outros em atividades, como, por exemplo: “Simulando a transmissão de traços humanos hereditários (Amabis e Martho)”; “Família Silva; Filho de scoiso, scoisinho é (Micro&Gene)”; “Observando traços humanos hereditários;

variabilidade em População (Adria Stefani)”, dentre outras atividades disponíveis na web.

3. Como isso se comporta na população?

- Estimular uma proposta de *investigação* com relação à frequência desses caracteres primeiro na sala de aula e, posteriormente, com um grupo maior que pode ser constituído por outras turmas ou toda a escola com a utilização do *software* disponível na Internet.³
- Avaliar os resultados da pesquisa dos caracteres humanos investigados na escola a partir dos números disponibilizados no relatório do *software*⁴, primeiro em números relativos e sua frequência, depois com análise dos gráficos, utilizando os questionamentos abaixo:
 - O que os números relativos me dizem sobre o padrão de herança?
 - O que os gráficos e a análise estatística acrescentam na interpretação dos padrões de herança? (Dominante x recessiva; contínua x descontínua.)
- Para o professor:
 - A organização dos dados no processo de investigação compromete o resultado (flexão do polegar e do lóbulo da orelha).
 - Relatórios gerados pelo programa permitem a identificação de cada um dos caracteres por escola e por amostra total, de modo que o professor pode estimular a construção de gráficos e análise estatística dos resultados. Os gráficos disponibilizados permitem reforçar as diferenças entre herança monogênica e poligênica, contínua e descontínua.
 - Para fazer uma reflexão com relação aos exemplos a serem utilizados no ensino dos padrões de herança mendelianos, pode-se utilizar o Artigo GE-MS2016-021 “Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelhas?” (BAIOTTO; SEPTEL; LORETO, 2016).
- Trabalhar os conceitos básicos associando à transmissão dos caracteres herdados e, paralelamente, introduzir os demais

³ Disponível em: <http://pesquisas.unicruz.edu.br/genetica/>.

⁴ Disponível em: <http://pesquisas.unicruz.edu.br/genetica/relatorio/relatorio%20II.php>.

padrões de herança, destacando a contribuição de Mendel e seu legado nas leis da segregação e segregação independente e nos processos investigativos da herança genética.

- A identificação dos caracteres humanos a serem utilizados no ensino em monohibridismo, dihibridismo, herança poligênica e multifatorial constitui ainda uma dificuldade. Nesse sentido, cabe reforçar que características com padrão de herança definido e mais atualizado são as melhores escolhas, pois evitam as simplificações e os demais equívocos, já descritos.

3.6.2 Necessidade de informações atualizadas

A busca de informações atualizadas foi uma preocupação da pesquisadora, identificada nas questões realizadas na entrevista aos professores, quando apontam que sempre surgem dúvidas, buscam informações em outro livro didático ou com os colegas de trabalho. Da mesma forma, para que possam escolher bons exemplos, é preciso avaliar esses exemplos e conhecer sua forma de herança.

Nesse sentido, foram desenvolvidas atividades de busca em sites específicos da área, como o Banco de Dados OMIM (2017), com relação a todos os caracteres utilizados no processo de investigação (*software*) e National Center for Biotechnology Information⁵ (US). Uma atividade exploratória nesses sites foi induzida com relação aos padrões de herança e também em outros temas do ensino de genética, para que tivessem essa experiência de busca, de modo que possam repetir sempre que as dúvidas ocorrerem.

3.6.3 Perspectivas de outros materiais e atividades que podem ser utilizados no ensino dos padrões de herança

Dentro da temática trabalhada na formação, diferentes atividades foram desenvolvidas com os professores e outras sugeridas como forma de complementar as atividades da formação. Todos esses materiais foram disponibilizados em pasta de armazenamento virtual – “Dropbox” – e compartilhados com todo o grupo de professores. Alguns materiais e respectivos endereços encontram-se descritos na sequência.

⁵ Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/> e <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/home/learn.shtml>.

- Sites com atividades relativas ao ensino de padrões de herança:
 - Genetic Science Learning Center: <http://learn.genetics.utah.edu/>
 - Tour of Basic Genetics.
 - Characteristics of Inheritance.
 - Observable Human Characteristics.
 - Traits Activities.
 - GeneEd: <http://geneed.nlm.nih.gov/> –
https://geneed.nlm.nih.gov/topic_subtopic.php?tid=5&sid=6
 - DNA from the beginning – classical genetics: <http://www.dnafb.org/>
 - American Association for the Advancement of Science (AAAS) –
<http://www.aaas.org/>
 - Pea experimente: <http://sciencenetlinks.com/> –
<http://www.sonic.net/~nbs/projects/anthro201/exper/>
- Ferramentas interativas e dicas para as aulas:
 - <http://sciencenetlinks.com/tools/>
 - <http://www.bioedonline.org/>
 - <http://www.bioedonline.org/videos/content-presentations/heredity/>
 - <http://www.pbs.org/>
 - <http://www.pbs.org/wgbh/nova>
 - <http://www.ngsslifescience.com/>
- Projeto com atividades específicas:
 - Instrumentação para o ensino de ciências:
<http://www.ib.usp.br/iec/conteudo/citologia-e-genetica/>
- Atividades *on-line*, com destaque para “Scoisos” – proposição de padrões de herança para algumas de suas características:
 - <http://www.ib.usp.br/microgene/index.php?pagina=atividades>
 - <http://genoma.ib.usp.br/pt-br/educacao-e-difusao/materiais-didaticos>
 - <http://genoma.ib.usp.br/educacao-e-difusao/materiais-didaticos/atividades-interativas>
 - “Família Silva e seus genes”.
 - “Filho de scoiso, scoisinho é” (simula cruzamento e reprodução de um indivíduo imaginário).
- Outras atividades:
 - <http://www.ngsslifescience.com/>

- http://pjteaches.com/PDF/LifeScience/labs/Genetics_7D.pdf> genetic human
- human single gene traits:
<https://kroymbhs.pbworks.com/f/singlegenetraits.pdf>
- Vídeos
 - Mendel: <https://www.youtube.com/watch?v=0zsJsuYtYR4> – <https://www.youtube.com/watch?v=tfjDJE4kWhM>
 - Como as ervilhas nos ajudaram a entender genética:
https://www.youtube.com/watch?v=Mehz7tCxjSE&index=34&list=PLRxLNUL6CtpXI7ZHK0Dq4xSG69Rw0I_ym
 - Você consegue enrolar a língua?:
https://www.youtube.com/watch?v=CDmyjF3YpW0&index=29&list=PLRxLNUL6CtpXI7ZHK0Dq4xSG69Rw0I_ym
- Jogos
 - http://pbskids.org/dragonflytv/games/game_dogbreeding.html
 - jogo com drosófila que simula cruzamentos:
<http://star.mit.edu/genetics/index.html>
- Animações
 - <https://biointerativas.wordpress.com/animacoes>
- Livro disponível em PDF
 - MACDONALD, J. H. Myths of Humana Genetics. Baltimore, Maryland, USA: University of Delaware, Sparky House Publishing, 2011. Disponível em: <http://udel.edu/~mcdonald/mythintro.html>

Utilizando-se do princípio do professor como pesquisador de sua própria prática (investigador), levantou-se a possibilidade de utilizar em sala de aula a proposta construída. O documento aberto no Google Drive possibilitou os registros das avaliações da aplicação das estratégias elaboradas em suas respectivas turmas de trabalho.

3.6.4 Resultados

Os resultados da aplicação da estratégia de aprendizagem utilizada foram descritos pelos professores em resumo apresentado no I Encontro Regional do Ensino de Ciências promovido pelo PPG Educação em Ciências (2016), disponível no Apêndice L.

A proposta diferenciada de avaliação foi utilizada posteriormente com duas turmas de Ensino Médio, para verificar o engajamento dos alunos e a validade da atividade realizada. Estas e outras observações encontram-se no Manuscrito IV, disposto a seguir.

3.6.5 Manuscrito IV – “Software alia investigação e construção de conceitos para minimizar as dificuldades de utilização de caracteres humanos na contextualização de padrões de herança mendelianos”

O manuscrito IV engloba aspectos gerais da proposta realizada. Busca subsídios em cada um dos elementos descritos a seguir, para compor uma estratégia de aprendizagem ativa que permita a utilização de caracteres humanos herdados sem causar os equívocos já abordados no texto. Acrescentam aos itens apontados a aplicação e a avaliação, destacados no manuscrito que segue.

- Como os livros apresentam os caracteres humanos herdados?
- Como os professores veem a utilização dos caracteres humanos como exemplos de herança monogênica?
- Como se apresentam e qual o padrão de herança dos caracteres mais utilizados?
- Elaboração de uma proposta de utilização dos caracteres humanos.

Será submetido à *CBE – Life Sciences Education*.

Software alia investigação e construção de conceitos para minimizar dificuldades da utilização de caracteres humanos na contextualização de padrões de herança mendelianos

Resumo

Caracteres humanos herdados utilizados como forma de contextualizar herança monogênica por parte dos professores e nos livros didáticos aumentam o interesse e reduzem as dificuldades associadas ao elevado grau de abstração e excesso de memorização no ensino de Genética. Entretanto, equívocos, simplificações e desvios conceituais tradicionalmente associados ao ensino da genética humana atenuam as vantagens decorrentes desta forma de contextualização. Uma estratégia metodológica de aprendizagem ativa que utiliza um *software* livre desenvolvido para a investigação de padrões de herança humanos foi utilizado no ensino de padrões de herança na Genética do Ensino Médio. Caracteres simples, fenotipicamente visíveis, amplamente utilizados por professores e presentes nos livros didáticos foram disponibilizados no software para avaliação. A análise da frequência resultante do processo de investigação possibilitado pelo software e disponibilizado em gráficos possibilita inferir conceitos relativos aos padrões de herança monogênico e poligênico nas escolas e estimulam a discussão das formas de herança de caracteres humanos. Essa forma de abordagem foi desenvolvida com alunos e professores de escolas do Ensino Médio e avaliada com relação ao engajamento dos alunos através de um questionário validado que utiliza a escala de Likert (WIGGINS *et al.*, 2017). Valores de alfa de Cronbach ($\alpha = 0,858$) indicam uma boa consistência interna e confiabilidade na análise dos dados. Com relação aos domínios valor da atividade, esforço pessoal e participação do professor, os resultados também foram significativos, demonstrando um padrão de resposta muito semelhante entre os estudantes. A estratégia de investigação *on-line* aplicada possibilita utilizar caracteres humanos no ensino dos padrões de herança sem comprometer o caráter científico da aprendizagem.

Introdução

O ensino de genética, embora muito jovem em relação às demais ciências, acumula uma bagagem de conhecimento imensa, proporcionada pelos avanços tecnológicos que se atropelam e exigem mudanças na forma de pensar e ensinar genética (SMITH; WOOD, 2016).

Inúmeras dificuldades são inerentes ao ensino de Genética. Knippels, Waarlo e Boersma (2005) destacam a complexidade e o nível de abstração necessários para o entendimento da disciplina. Cimer (2012) acrescenta à complexidade o excesso de memorização determinado por um amplo vocabulário. Dificuldades conceituais também são apontadas como responsáveis por dificultar a aprendizagem em Genética (TSUI; TREAGUS, 2007; INFANTE-MALACHIAS *et al.*, 2010; SMITH; KNIGHT, 2012).

Ausência de contextualização amplia o grau de abstração exigido para a construção do conhecimento em Genética e determina uma redução do interesse por parte dos estudantes (CASTELÃO; AMABIS, 2008).

Kato e Kawazaki (2011) reuniram em três grupos as concepções de contextualização no ensino: a) relacionadas ao cotidiano do aluno; b) relacionadas à(s) disciplina(s) escolar(es); e c) relacionadas a contextos histórico, social e cultural. Complementam ainda que a fragmentação dos conteúdos do seu contexto de produção exige trazer a vivência dos alunos para o processo de aprendizagem a partir de diferentes momentos do seu cotidiano, identificando situações e fenômenos vivenciados, possibilitando, assim, uma melhor contextualização dos conceitos, tornando o ensino mais efetivo.

A utilização de caracteres humanos herdados pode favorecer o processo de aprendizagem, visto que utiliza questões pessoais do aprendiz e parte de um cenário de informações a respeito de herança presente no senso comum, atendendo às categorias descritas acima (BAIOTTO; SEPEL; LORETO, 2016).

A existência de conceitos prévios e de características observáveis em si próprios como forma de contextualizar o ensino dos padrões de herança possibilitam a construção do conhecimento e permitem que a aprendizagem se torne significativa, como descrita por Novak (2011). Knippels, Waarlo e Boersma (2005) sugerem iniciar a abordagem dos padrões de herança com características que os alunos estão familiarizados, observando semelhanças e diferenças entre os traços da sua família, proporcionando maior motivação e interesse.

O emprego de caracteres herdados de animais e vegetais são, muitas vezes, distantes, desinteressantes e pouco significativos para o aluno do Ensino Médio. Entretanto, podemos salientar que há problemas relativos ao uso de caracteres humanos no ensino de padrões de herança, principalmente ligados à dificuldade de identificação correta do padrão de herança de caracteres humanos e inconsistências geradas pela falta de consonância entre as informações de senso comum (conhecimento popular), material disponível nos livros didáticos e concepções equivocadas dos professores (BAIOTTO; SEPEL; LORETO, 2016).

Uma avaliação dos livros didáticos disponibilizados nas escolas da rede pública a partir do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) permitiu identificar os caracteres humanos mais utilizados no ensino dos padrões de herança mendelianos e os principais problemas decorrentes de sua utilização como equívocos, simplificações e desvios em relação à descrição (BAIOTTO; LORETO, 2017b).

Entrevistas com professores da rede pública de ensino permitiu verificar as concepções destes a respeito da utilização dos caracteres humanos como forma de contextualização no ensino dos padrões de herança. Percebe-se um consenso entre os entrevistados, em que destacam a necessidade de utilização, considerando que esses despertam a curiosidade natural, utilizam os conhecimentos prévios e o cotidiano dos alunos,

resgatam questões culturais atreladas à transmissão de características e tornam a aprendizagem mais efetiva (BAIOTTO; LORETO, 2017a).

Embora a utilização de caracteres humanos herdados tenha um efeito positivo no ensino de Genética, associada à curiosidade despertada pelo tema, também acarreta dificuldades, como a possibilidade de gerar constrangimentos relativos a questões de familiaridade e grau de parentesco e descrédito na informação científica devido à inconformidade familiar, quando associam caracteres humanos herdados a um padrão monogênico de herança. Esses são fatos que exigem do professor uma constante atualização (BAIOTTO; LORETO, 2017a).

Diferentes estratégias de ensino têm minimizado os problemas relativos ao ensino de Genética. Entre elas, destacam-se as estratégias de aprendizagem ativa (EAAs), que se fundamentam em formas de desenvolver o processo de aprender, utilizando experiências reais ou simuladas, visando dar condições de solucionar, com sucesso, desafios advindos das atividades essenciais da prática social, em diferentes contextos. Despertam a curiosidade e favorecem uma motivação autônoma quando inclui o fortalecimento da percepção do aluno de ser origem da própria ação (BERBEL, 2008). Sendo um recurso didático de grande importância, as EAAs podem favorecer de forma significativa e eficaz o processo de ensino-aprendizagem (MITRE *et al.*, 2008).

A problematização utilizada pelas metodologias ativas como estratégia de ensino-aprendizagem é construída a partir das observações dos alunos e das dúvidas decorrentes dessas observações e de problemas e situações reais. Além disso, considera a complexidade com a qual a realidade se apresenta (MORAN, 2015; MARIN *et al.*, 2010). Está ancorada na reflexão e desencadeia a busca de explicações ou proposição de soluções (ZANOTO; DE ROSE, 2003). O sujeito participa ativamente do processo de ensino-aprendizagem, busca o saber e se apropria do conhecimento.

Estratégias de problematização partem da observação da realidade e levam à identificação dos pontos essenciais, em um tema, para a reflexão ou busca de respostas. Para isso, se constroem hipóteses que são testadas sob a forma de investigação, na qual a análise dos resultados permite encontrar as respostas das questões problematizadoras (DIAZ-BORDENAVE; PEREIRA, 2007). Nesse sistema, o ensino está focado no aluno, e a aprendizagem ocorre ao longo de todo o processo, durante a investigação, na discussão dos conceitos em grupo, representação de ideias e na organização das informações em busca de uma solução.

Cleveland, Olimpo e Dechenne-Peters (2017) avaliaram contextos diferentes de EAA com a utilização de organizadores gráficos e estudo de caso, para verificar mudanças conceituais e as ligadas ao interesse e motivação para aprender Biologia. Resultados demonstraram ganhos de aprendizagem semelhantes e significativos para diferentes estratégias e aumento da motivação entre os estudantes, mas exibem diferenças quanto às atitudes e capacidade de estabelecer conexões (maior nos organizadores prévios). Freeman *et al.* (2014) demonstraram um aumento significativo no desempenho dos alunos com a utilização de EAA em relação às aulas expositivas, observando um efeito superior em classes menores ($n \leq 50$).

Outro desafio no processo de ensino-aprendizagem é a utilização dos recursos tecnológicos, visto que estão fortemente inseridos no dia a dia dos estudantes. Desse modo, o uso de uma ferramenta virtual subsidia a composição de estratégias de aprendizagem ativas na prática docente, oportunizando atividades dinâmicas e favorecendo o desenvolvimento de potencialidades dentro do contexto educativo e social.

Entre os pressupostos que fundamentam um ensino de qualidade, a investigação/pesquisa entra como um princípio norteador e essencial à prática pedagógica, integra áreas do conhecimento e possibilita a contextualização social, de forma a garantir a apropriação da realidade e projetando possibilidades de intervenção. Utilizar a pesquisa como princípio pedagógico no Ensino Médio possibilita que o aluno seja protagonista na investigação e na busca de respostas em um processo autônomo de (re)construção de conhecimentos (JÉLVEZ, 2013).

As dificuldades dos professores identificadas em entrevistas, bem como os equívocos, as simplificações e inconsistências dispostos nos livros didáticos com relação aos caracteres humanos utilizados como exemplos na contextualização dos padrões de herança mendeliana, apontaram para a necessidade de elaborar uma estratégia de trabalho para o tema. Desenvolveu-se um *software* que permite a elaboração de conceitos a partir da análise dos resultados de uma investigação.

O presente trabalho teve por objetivo elaborar e avaliar a proposição de um *software* como elemento de uma estratégia de aprendizagem de conceitos relativos a padrões de herança numa perspectiva de contextualização com caracteres humanos.

Materiais e métodos

Escolha dos caracteres fenotípicos abordados

A heterogeneidade clara de alguns caracteres humanos utilizados na contextualização de herança mendeliana no ensino de Genética, analisados sob o ponto de vista dos professores e de sua inserção nos livros didáticos, se constitui no objeto de estudo deste trabalho. Baseado nessa heterogeneidade foi elaborado uma proposta metodológica diferenciada, que buscou facilitar a construção de conceitos relativos à herança monogênica e poligênica, através da utilização de um *software* que estimula os processos de investigação da frequência destes, facilita a análise dos resultados e favorece a aprendizagem.

Caracteres humanos herdados mais utilizados nos textos, exercícios e nas ilustrações dos livros didáticos foram preponderantes na escolha dos caracteres utilizados na investigação, disponíveis em Baiotto, Sepel e Loreto (2016). Outro critério utilizado foi avaliar características visíveis fenotipicamente, de fácil identificação e que não causassem constrangimento aos portadores. Foram utilizados: a questão da lateralidade (destro ou canhoto), o polegar que se sobrepõe ao cruzar as mãos (direito ou esquerdo), o braço que se sobrepõe ao cruzar os braços (direito ou esquerdo), a forma do polegar (ângulo gerado ao alongar o dedo), o lóbulo da orelha (preso ou solto), a implantação dos cabelos na testa (em bico ou linha frontal reta) e a capacidade de enrolar a língua. Informações como sexo, data de nascimento, escola, cidade e estado foram inseridas para complementar as informações coletadas.

Elaboração do instrumento para coleta de dados - encaminhamentos iniciais e aspectos éticos

Um teste-piloto foi inicialmente aplicado a 870 alunos do Ensino Fundamental de escolas da rede pública, utilizando como instrumento de coleta de dados uma ficha de entrevista com questões fechadas, referentes aos caracteres descritos, cuja análise dos resultados foi responsável pela validação do questionário.

A escolha desse público se deu pela facilidade de contato, proximidade com as escolas e interesse dos professores em participar do projeto. Contato prévio e autorização da Coordenadoria Regional de Educação (CRE) possibilitou o acesso às escolas do município. Cabe destacar que o projeto foi submetido e aprovado previamente pelo Comitê de Ética em Pesquisa com registro no Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) n. 20573613.0.0000.5322.

Com os primeiros dados coletados, inúmeras dúvidas começaram a aparecer com relação à identificação, principalmente de dois caracteres: a forma do polegar e o lóbulo da orelha. Registros fotográficos do dedo polegar e do lóbulo da orelha foram realizados durante

a aplicação do piloto em decorrência das dificuldades apresentadas na identificação. Uma análise quantitativa e utilizando como referência McDonald (2011) levou à distribuição desses registros em classes, alterando a proposta de questionamento e optando por uma escala de um a sete para o ângulo formado pelo dedo polegar estendido (reto a extremamente curvado) e um a cinco para o modo de aderência do lóbulo da orelha (totalmente aderido a totalmente solto). Esses caracteres podem ser visualizados nas Figuras 1 e 2.

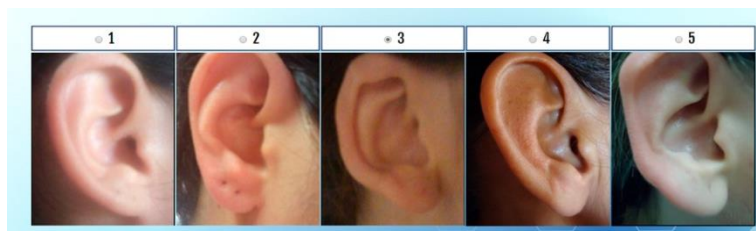


Figura 1 – Forma do lóbulo de orelha e suas variações



Figura 2 – Forma do polegar e suas variações

Desenvolvimento do *software*

Na sequência, optou-se pela construção de um ambiente virtual que possibilitasse uma coleta de dados mais precisa e interessante sob o ponto de vista dos alunos, mais rápida e que, ao mesmo tempo, estimulasse o professor a repetir esse processo como forma de investigação em suas aulas, permitindo uma simples e eficiente avaliação estatística, que pudesse fornecer gráficos e percentuais para os dados coletados. O questionário disponível em ambiente virtual pode ser acessado em: <<http://pesquisas.unicruz.edu.br/genetica>>.

A escolha da linguagem de programação a ser usada levou ao uso do PHP, um acrônimo recursivo “PHP: *Hypertext Preprocessor*”, que exigiu a alocação de um servidor web robusto e seguro como o Apache, *software* amplamente utilizado em ambientes TCP/IP (NIEDERAUER, 2004; ROCHA, 2007).

Cabe destacar que o programa desenvolvido permite a avaliação dos dados de forma individualizada por escola, por característica e pelas interações entre esses caracteres. Outras avaliações também podem ser inferidas a partir dos dados coletados. Gráficos de frequência são disponibilizados e atualizados após cada inserção de um novo indivíduo na avaliação.

Uma maior confiabilidade estatística com relação aos resultados foi resolvida com a inserção do registro do aluno, que limita sua participação. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi adaptado e inserido como leitura e confirmação obrigatória de modo a resguardar as questões éticas.

Inserção do *software* na estratégia de ensino utilizada

A construção do *software* direcionou o projeto para o público-alvo foco deste trabalho, ou seja, os alunos do Ensino Médio. Sete escolas que integram a rede estadual de ensino no município de Cruz Alta/RS oferecem Ensino Médio, com um número de alunos matriculados que oscila em torno de 2.000 alunos nesse nível de ensino. A opção por esse público deu-se em razão de o tema “padrões de herança” fazer parte dos conteúdos do componente curricular de Biologia do Ensino Médio e pelo contato com os professores das escolas envolvidas, no sentido de levar esse retorno da frequência dos fenótipos, de modo que o trabalho não se constituísse apenas em uma coleta de dados. Um momento de discussão e atualização de informações a respeito do padrão de herança de caracteres humanos em forma de capacitação foi proporcionado aos professores no sentido de facilitar as discussões possibilitadas pelo uso da ferramenta de investigação.

A proposta desenvolvida em sala de aula envolveu as seguintes etapas, resumidas na Figura 3 e descritas a seguir.

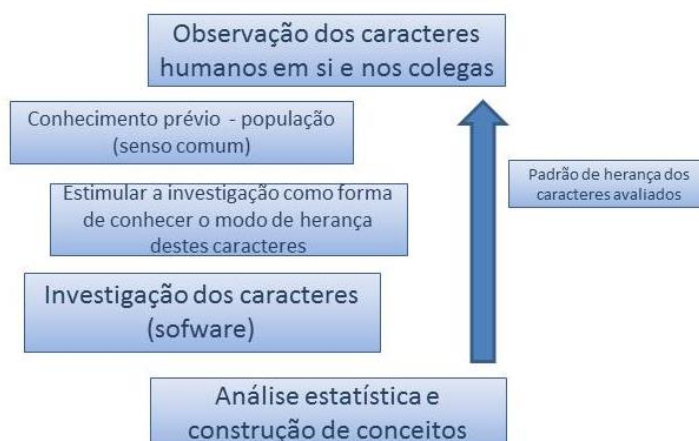


Figura 3 – Etapas desenvolvidas na atividade proposta
Fonte: A autora (2017).

1. Análise dos caracteres humanos herdados individuais e coletivos de modo a estimular a observação e a curiosidade com relação ao comportamento e à segregação desses caracteres:
 - Identificar com os alunos suas próprias características (mais comuns) e registrar em uma ficha de frequência ou no quadro. Iniciar com sugestões deles.
 - Diferenciar característica genética de hereditária e construir uma tabela de frequência para as características observadas no grupo.
 - Identificar em um voluntário em que ele é único ou quais características são comuns com os demais colegas.
2. Como isso se comporta na população?
 - a. Discussões a respeito da segregação e do comportamento desses caracteres na população e questões de senso comum.
3. Identificar dúvidas e estimular uma proposta de investigação.
4. Investigação da frequência dos caracteres disponibilizados no *software*. Sugere-se desenvolver a proposta de investigação desses caracteres primeiramente na sala de aula e depois estender para um grupo maior, que pode se constituído por outras turmas da escola, toda a escola com a utilização do *software* (<http://pesquisas.unicruz.edu.br/genetica>).
5. Avaliar os resultados da pesquisa dos caracteres humanos investigados na escola a partir dos números disponibilizados no relatório do *software* (<http://pesquisas.unicruz.edu.br/genetica/relatorio/relatorio%20II.php>), primeiro em números relativos e sua frequência, depois com análise dos gráficos, utilizando os questionamentos abaixo:
 - a. O que os números relativos me dizem sobre o caráter ser dominante ou recessivo?
 - b. O que os gráficos e a análise estatística acrescentam na interpretação dos padrões de herança? (dominante x recessiva; contínua x descontínua.)

Para o professor:

- A organização dos dados no processo de investigação compromete o resultado (flexão do polegar e do lóbulo da orelha).
- Conceitos importantes como genes alelos, cromossomos homólogos, gene dominante e recessivo, homozigoto e heterozigoto, genótipo e fenótipo, entre outros, são necessários para a compreensão dos padrões de herança analisados.
- Paralelamente, sugere-se introduzir os demais padrões de herança, destacando a contribuição de Mendel e seu legado nas leis da segregação e segregação independente e nos processos investigativos da herança genética.
- Utilizar características humanas com padrão de herança já definido e mais atualizado é a melhor escolha, pois evita as simplificações e os equívocos de identificação.
- A busca de informações atualizadas é necessária e sugere-se a busca em sites específicos da área, como o Banco de Dados OMIM (Online Mendelian Inheritance in Man – <http://www.omim.org>), com relação a todos os caracteres utilizados no processo de investigação (*software*) e National Center for Biotechnology Information (US) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>).

Avaliação da estratégia de atividade proposta

A atividade aplicada nas escolas foi avaliada através de observações e relatos dos professores com relação à participação e às melhorias no processo de aprendizagem. A avaliação da frequência dos caracteres analisados se deu quanto ao número e aos gráficos disponibilizados no relatório do *software*, permitindo uma análise de dados por escola e da população disponível.

Wiggins e colaboradores (2017) elaboraram e validaram uma ferramenta de avaliação do envolvimento dos alunos em estratégias de aprendizagem ativa. Essa ferramenta (ASPEC) possibilita quantificar as dimensões cognitivas e afetivas do engajamento através da avaliação da perspectiva do estudante em aula, utilizando a escala de Likert. Empregamos a ferramenta ASPEC para descrever de modo mais consistente o cenário com relação ao engajamento dos alunos e, conseqüentemente, o aproveitamento da atividade em estudo.

O instrumento de avaliação utilizou as 16 questões propostas por Wiggins e colaboradores (2017) para uma escala de Likert de seis pontos, que vão do discordo totalmente ao concordo totalmente. O instrumento foi aplicado a alunos de duas turmas do

terceiro ano do Ensino Médio (n=45), para os quais a proposta de investigação do comportamento dos caracteres humanos foi desenvolvida em todas as suas etapas.

Resultados e discussão

O sistema “Identificação de caracteres humanos” proposto e projetado para executar a coleta de dados com tecnologias voltadas à web possibilita o acesso simples e rápido por diferentes públicos a uma alternativa metodológica de investigação do padrão de herança de caracteres humanos a partir da sua frequência na população.

Uma amostra de 1.808 alunos pertencentes ao Ensino Médio, 1.260 acadêmicos da Universidade de Cruz Alta/RS e 115 indivíduos da população em geral (professores e pessoas relacionadas aos alunos que participaram da proposta de pesquisa) responderam ao questionário *on-line*. Tabelas e percentuais obtidos com relação à frequência dos caracteres avaliados estão disponibilizados no endereço <http://pesquisas.unicruz.edu.br/genetica/relatorio/relatorio%20II.php>. A análise da frequência dos caracteres permite diferenciar herança monogênica de herança poligênica, conforme pode ser visualizado nos gráficos para os caracteres capacidade de enrolar a língua (Figura 4) e forma de dobrar o polegar (Figura 5), para a escola ou toda a população avaliada.

Como o *software* também disponibiliza gráficos de outras escolas, os alunos tiveram a oportunidade de comparar os resultados, evidenciando expressão diferenciada para determinada característica. Com isso, é possível retomar conceitos indispensáveis para a compreensão dos padrões de herança.

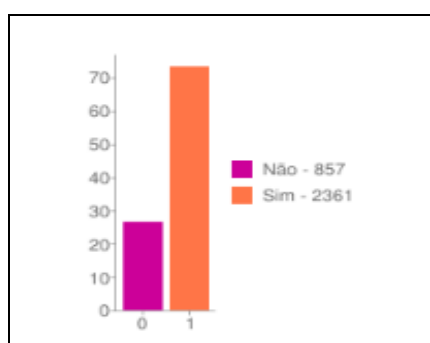


Figura 4 – Frequência de indivíduos com relação à capacidade de enrolar a língua¹
Fonte: Relatório do *software*.

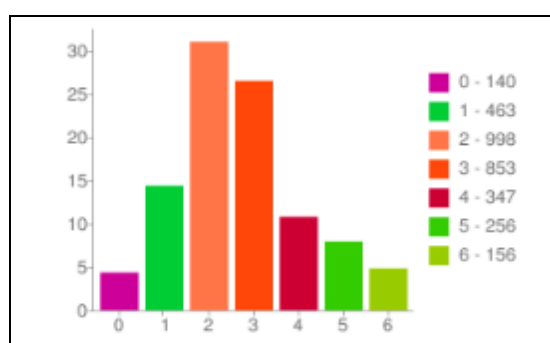


Figura 5 – Frequência de indivíduos com relação ao modo de dobrar o polegar.
Fonte: Relatório do *software*.

¹ O caráter capacidade de enrolar a língua foi descrito no *software* com dois fenótipos (tem capacidade ou não tem capacidade). Nesse caso, o gráfico sugere herança monogênica.

Os professores das escolas onde se deu a coleta de dados e aplicação da estratégia de aprendi

zagem participaram da análise da proposta. Relatos dos professores identificam que, desde o primeiro contato com a atividade, os alunos demonstraram interesse e curiosidade para com o tema e resultados obtidos com a investigação. Fato que pode estar relacionado ao quanto é agradável desenvolver atividades ativas diferenciadas (HUG; KRAJCIK; MARX, 2005). A utilização dos gráficos na análise e discussão dos resultados facilitou estabelecer diferenças entre as características trabalhadas e comparar os resultados com outras escolas. A compreensão de conceitos básicos de Genética e diferenças no modo de expressão de alguns caracteres humanos foi ampliada com o uso desta estratégia. Dificuldades identificadas estão mais relacionadas ao uso de tecnologia. Neste caso, percebe-se que os professores necessitam estar capacitados para assumir este papel preponderante no estímulo ao uso de tecnologias como destaca Sartori et al (2016).

A análise e discussão dos resultados utilizando números e gráficos disponíveis no *software* levaram os alunos a perceberem a variação entre as porcentagens apresentadas, dentro do próprio ambiente escolar. Inúmeros ganhos relativos à estruturação dos conceitos necessários ao desenvolvimento dos padrões de herança foram listados pelos professores.

A utilização do instrumento elaborado por Wiggins *et al.* (2017) permite visualizar o envolvimento dos alunos na estratégia de aprendizagem. A análise do instrumento aplicado a duas turmas de alunos que desenvolveram a estratégia de aprendizagem proposta (n= 45) encontrou para o alfa de Crombach: $\alpha = 0,858$, indicando uma consistência interna e confiabilidade na análise dos dados. O coeficiente α é calculado a partir da variância dos itens individuais e da variância da soma dos itens de cada avaliador. A questão um (1) foi retirada do cálculo de alfa, por não interferir no desenvolvimento da atividade, ficando com a opção *não se aplica*. A Figura 6, a seguir, indica um comportamento bem evidente dos alunos que participaram da atividade com relação à forma como percebem essa estratégia de aprendizagem. Destaca-se uma concentração nítida nas opções *concordo totalmente*, *concordo* e *concordo parcialmente*.

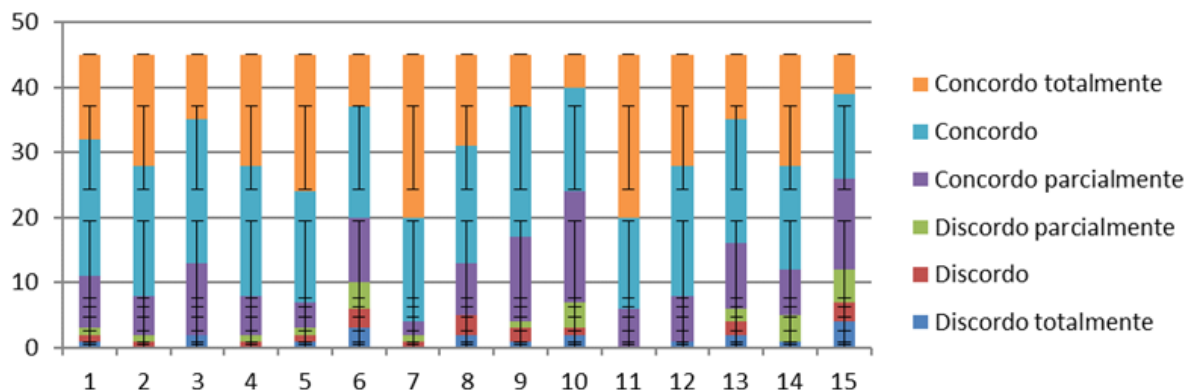


Figura 6 – Frequência e desvio padrão das questões avaliadas com relação aos itens da escala de Likert
Fonte: Relatório do *software*.

Quando consideramos o retorno dos alunos em relação aos domínios: I. valor da atividade (nove itens que exploram a percepção dos estudantes sobre o valor da atividade na aprendizagem), II. esforço pessoal (três questões avaliam quanto de esforço o aluno colocou na atividade) e III. contribuição do professor (quatro questões que avaliam a imersão do professor na atividade sob o ponto de vista dos alunos), percebe-se um comportamento semelhante.

Com relação ao domínio atividade, obteve $\alpha = 0,785$, podendo-se afirmar que esse domínio explicou 15% da variação na resposta dos estudantes (quanto menor o valor, menor a incerteza, menor a variabilidade, mais homogêneo é o grupo, mais parecidas são as respostas dos estudantes). Essas constatações também podem ser realizadas com base em um histograma de frequência reunindo as nove questões desse grupo (Figura 7).

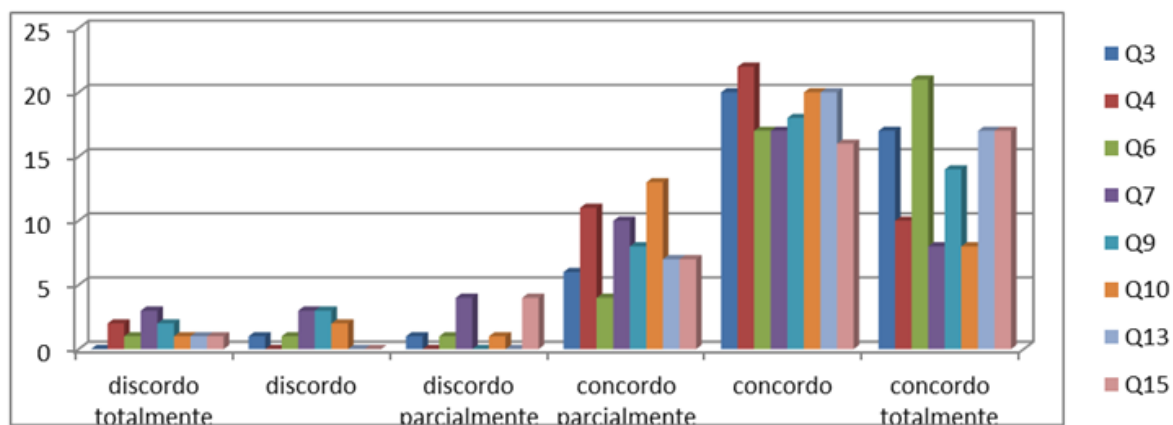


Figura 7 – Frequência com relação às questões que descrevem o domínio do valor da atividade
Fonte: Relatório do *software*.

No domínio que descreve a contribuição do professor no desenvolvimento da atividade proposta, se obteve $\alpha = 0,649$, o que demonstra que esse domínio explicou 11,89% da variação na resposta dos estudantes. A Figura 8 ilustra esse comportamento.

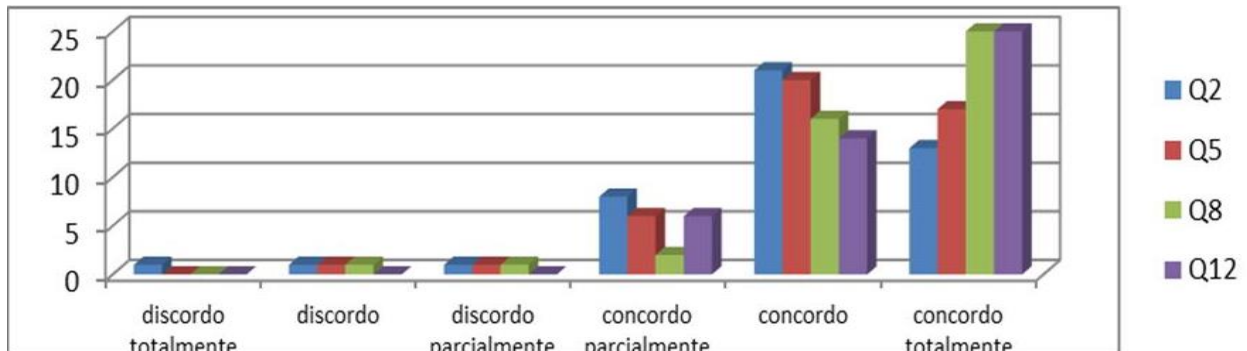


Figura 8 – Frequência com relação às questões que descrevem o domínio professor
Fonte: Relatório do *software*.

Quando se avalia o domínio que compreende o esforço pessoal do aluno, identificou-se $\alpha = 0,725$, resultado que explica 21,82% da variação na resposta dos estudantes (Figura 9). A variação de coeficiente alfa de Crombach indica que os estudantes têm um padrão de resposta semelhante dentro de um determinado domínio.

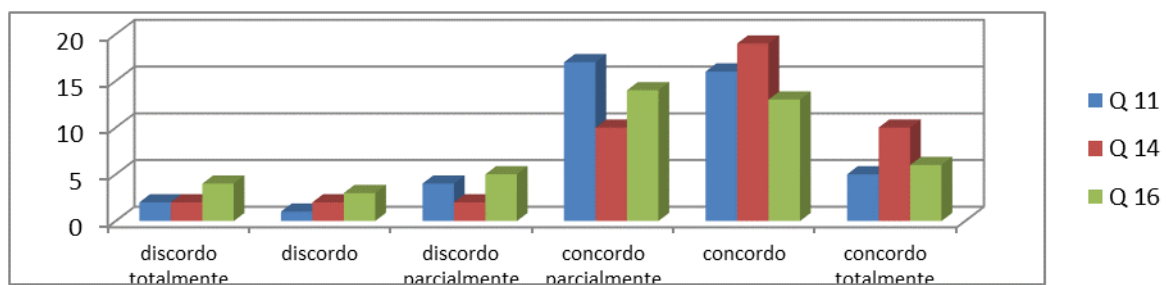


Figura 9 – Frequência com relação às questões que descrevem o domínio e o esforço pessoal do aluno
Fonte: Relatório do *software*.

Atividades interessantes e desafiadoras para o aluno, desenvolvidas através de investigação e uso de ferramentas virtuais para a coleta de dados, seguidas de análise estatística e construção de conceitos revelam-se, a partir do instrumento de avaliação utilizado e das observações dos professores, uma excelente estratégia de aprendizagem ativa. A utilização do instrumento de avaliação para obter uma melhor compreensão do nível de envolvimento dos alunos, segundo Wiggins e colaboradores (2017), auxilia os professores na escolha das melhores estratégias e fornece uma medida adicional para avaliar de forma abrangente o impacto dessas estratégias de aprendizagem ativa.

A utilização da ferramenta virtual para a investigação promove impacto significativo na aprendizagem. Segundo relato dos professores, os estudantes consideram que a utilização da Internet torna interessante a atividade realizada em sala de aula e agiliza o processo de investigação, tanto na coleta de dados como na análise, considerando que o tempo do professor com os estudantes na escola é muito reduzido. Identificam a necessidade de estar capacitados para assumir esse papel preponderante no estímulo ao uso de tecnologias, dados apontados também por Sartori, Hung e Moreira (2016).

Wu (2013), utilizando uma ferramenta virtual, elaborou um protocolo experimental envolvendo uma mutação, inserido numa estratégia de aprendizagem ativa baseada em problema, identificou que seus alunos após a atividade discutem mais os experimentos, utilizam mais as habilidades da pesquisa e desenvolvem maior autonomia. Entretanto, o uso das tecnologias como ferramentas de ensino não é suficiente para ampliar as condições de ensino-aprendizagem. De acordo com Ferreira (1998), o mais importante no uso das tecnologias interativas e da Internet no ensino é a abordagem pedagógica que o professor pode imprimir, e não a tecnologia em si. Nesse caso, a abordagem investigatória amplia o potencial de utilização dessa tecnologia.

A compreensão conceitual de princípios como o armazenamento e a transmissão de informações, com redução da memorização em decorrência das informações *on-line* e utilização de ferramentas para buscar essas informações, subsidia as discussões relacionadas ao ensino de Genética e suas perspectivas de reestruturação curricular (SMITH; WOOD, 2016).

Uma abordagem diferenciada de aprendizagem que utiliza cenários para investigação em um ambiente virtual (VLab-Bio) demonstrou que as tecnologias virtuais, além de melhorar o ensino e a aprendizagem, auxiliam na construção do conhecimento científico, visto que propiciam a simulação de experimentos com redução de custos (MUHAMAD; ZAMAN; AHMAD, 2012).

Um ambiente virtual de investigação científica (WISE), proposto por Williams e colaboradores (2012), aplicado em alunos do Ensino Médio buscou avaliar a compreensão a respeito de herança e estabelecer relações entre célula e reprodução. Encontraram resultados significativos na compreensão de como se segregam os genes na divisão celular e demais fatores que interagem na herança genética. A utilização de recursos tecnológicos, nesse caso, favoreceu a compreensão integrada dos mecanismos de herança genética, condição prévia para a compreensão de conceitos mais complexos de genética.

Obter uma melhor compreensão do nível de envolvimento dos alunos ajudará a informar as melhores práticas dos instrutores e fornecerá uma medida adicional para avaliar de forma abrangente o impacto de diferentes estratégias de aprendizagem ativa (Wiggins *et al.*, 2017). Owens e Tanner (2017), utilizando conhecimentos de neurociência, associam a aprendizagem baseada em problemas com o aumento da motivação e interesse, visto que liberam dopamina e acetilcolina. Estratégias que envolvam estabelecer conexões, avaliar, comparar e sintetizar também favorecem a compreensão, segundo os autores.

Embora Shaw e colaboradores (2008) destaquem que um maior acesso às tecnologias parece não modificar os equívocos encontrados entre os alunos do Ensino Médio, a tecnologia utilizada na estratégia de aprendizagem ativa parece motivar os alunos a encontrarem respostas para as questões propostas, de modo que reduz os equívocos destacados neste texto. Entretanto, para que tenhamos cidadãos capazes de compreender de forma crítica as informações genéticas básicas de modo que possamos consentir, compreender e interpretar exames genéticos, muitos equívocos ainda precisam ser superados.

A utilização de uma linguagem adequada e precisa, descrita por Shaw e colaboradores (2008), por exemplo, “é uma mutação no gene da fibrose cística, não o gene da fibrose cística”, que resulta em um fenótipo de doença. A visão relativamente simples de um gene, em que se pode prever que “tt” resultará em uma planta baixa e “TT” resultará em uma planta alta. Essa visão monogênica, embora precisa para um pequeno subconjunto de características, é claramente limitada. Entretanto, a maioria dos traços e das doenças humanas é mais complexa do que o modelo dominante \times recessivo. A utilização de conceitos de herança monogênica é extrapolada para as características humanas sem considerar os controles moleculares e bioquímicos.

Com essa preocupação, cabe destacar que a frequência das características identificadas no *software* permite estabelecer diferenças entre herança contínua e descontínua (monogênica e poligênica), entretanto não pode atribuir dominância ou recessividade. É importante ressaltar que características mais comumente encontradas não são necessariamente dominantes. Os resultados de frequência devem servir como ponto de partida para a discussão desses conceitos.

Mingroni-Netto (2012) manifesta sua preocupação com a utilização dos termos “dominante” e “recessivo” sem fazer relação com processos de transcrição. Se um alelo determina um fenótipo dominante ou recessivo em um determinado *locus*, isso depende: a) do tipo de produto que resulta da transcrição e tradução da informação contida nesse alelo, b) da sua relação com o produto codificado pelo outro alelo no mesmo *locus* e c) da reação do

organismo à presença, ausência ou redução dos produtos dos alelos ou à modificação da função desses produtos.

Seager (2014) complementa que a dominância não é um mecanismo da ação dos genes, mas, sim, consequência de processos celulares associados e intimamente relacionados com os fenótipos transcritos. A dificuldade em entender o significado de dominante perpassa do nível do aluno para o professor, visto que ainda temos a associação do alelo dominante à sua frequência (BAIOTTO; LORETO, 2017b). Esses equívocos são apontados como foco de discussão nas atividades “An Inventory of My Traits”, elaborada pelo “Genetic Science Learning Center”.

Redfield (2012) faz um alerta ao fato de que os avanços tecnológicos ampliam de modo considerável os conteúdos e a complexidade associada à transmissão dos caracteres hereditários, com participação de outros genes e do ambiente na expressão destes, assim exigem uma maior atenção dos caracteres quantitativos em relação ao tempo gasto com cruzamentos genéticos simples em que genes únicos causam resultados fenotípicos. Nesse sentido, a utilização dessa estratégia favorece a discussão dos diferentes tipos de herança e de todos os processos relacionados a sua expressão.

Knippels, Waarlo e Boersma (2005) afirmam que se deve iniciar com temas com os quais os alunos estão familiarizados, estabelecendo semelhanças e diferenças. A estratégia de aprendizagem ativa desenvolvida inicia com a observação de fenômenos relacionados à hereditariedade proporcionando oportunidades para os estudantes articularem suas experiências e concepções cotidianas, estabelecendo relações entre os conteúdos através da análise estatística proporcionada pela investigação. Esse aumento do interesse em relação ao tema desenvolvido minimiza as dificuldades relacionadas à compreensão no ensino de Genética (MALAFAIA; BÁRBARA; RODRIGUES, 2010) e possibilita elucidar concepções errôneas de genes apontadas nos estudantes (LEWIS; KATTMANN, 2004).

Escolher bons exemplos, conceitualmente corretos e que venham ao encontro às necessidades de contextualização de forma interativa e numa estratégia metodológica ativa, minimizam as dificuldades no ensino de Genética. A utilização de caracteres humanos vem de encontro às necessidades de contextualização e propicia um novo enfoque associado à herança complexa. Vários desafios ainda precisam ser superados, mas se acredita que estratégias de aprendizagem ativas, que utilizam a investigação como ferramenta para a análise e construção de conceitos associados ao padrão de herança em um ambiente virtual, propiciem melhorias no processo de ensino aprendizagem.

Considerações finais

A utilização de caracteres humanos vem ao encontro das necessidades de contextualização e propicia um novo enfoque associado à herança complexa, de forma interativa e numa estratégia metodológica ativa.

O *software* inserido na estratégia de aprendizagem ativa facilitou o acesso e ampliou a perspectiva de trabalho com os professores sob a forma de investigação do modo de herança de caracteres comumente trabalhados na escola. O foco na investigação reforçou a pesquisa como um dos princípios da área das “Ciências da Natureza” no Ensino Médio.

A construção de um ambiente virtual para a investigação garantiu mais precisão nos resultados, assim como mais rapidez na análise, e a disponibilidade de gráficos facilitou a identificação das diferenças entre os padrões de herança. A utilização de recurso tecnológico, através do questionário em ambiente virtual, aumenta a interação dentro da sala de aula, desenvolve a socialização aluno/aluno e professor/aluno e favorece um aprendizado colaborativo. Dessa forma, podemos expandir de maneira extraordinária a prática docente do processo educativo, propiciando a construção do conhecimento.

A utilização da avaliação ASPECT proposta por Wiggins e colaboradores (2017) possibilitou identificar a efetividade da estratégia de aprendizagem utilizada, nível de envolvimento já percebido pelo aumento do interesse e motivação, com boas perspectivas de utilização em outras turmas.

Resultados da frequência dos caracteres investigados no *software* subsidiam a discussão de herança monogênica e poligênica, mas cabe ao professor trazer elementos que possam auxiliar ao longo da atividade a compreensão sobre a participação de fatores ambientais e epigenéticos na expressão dessas características.

As dificuldades dos professores na utilização dos caracteres humanos como forma de contextualizar os padrões de herança podem ser superadas pela introdução de situações de investigação e análise estatística proporcionada pelo *software* e busca de informações atualizadas.

Referências

BAIOTTO, C. R.; LORETO, E. L. S. Alguns contrapontos da utilização de caracteres humanos herdados no ensino de genética em livros didáticos. **RenCiMa**, 2017a. Submetido.

_____; _____. Ensinar padrões de herança mendelianos utilizando caracteres humanos – percepção dos professores. **Contexto & Educação**, 2017b. No prelo.

BAIOTTO, C. R.; SEPEL, L. M. N.; LORETO, É. L.S. Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelhas. **Genética na Escola**, v. 11, p. 286-293, 2016. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_2cdb152d15264daf9419bc8a9c60b654.pdf. Acesso em: 20 ago. 2017.

BERBEL, N. A. N. A problematização e a aprendizagem baseada em problemas: diferentes termos ou diferentes caminhos? **Interface**, v. 2, n. 2, p. 139-154, 1998. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-32831998000100008>.

CASTELÃO, T. B. AMABIS, J. M. Motivação e ensino de genética: um enfoque atribucional sobre a escolha da área, prática docente e aprendizagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 54º, 2008, Salvador. **Anais...**, Salvador, 2008.

CIMER, A. What makes biology learning difficult and effective: students' views. **Educational Research and Reviews**, v. 7, n. 3, p. 61-71, 2012. doi: 10.5897/ERR11.205.

CLEVELAND, L. M.; OLIMPO, J. T.; DECHENNE-PETERS, S. E. Investigating the Relationship between Instructors' Use of Active-Learning Strategies and Students' Conceptual Understanding and Affective Changes in Introductory Biology: A Comparison of Two Active-Learning Environments. **CBE-Life Sciences Education**, v. 16, n. 19, 2017. doi: 10.1187/cbe.16-06-0181.

CRONBACH, L. J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**, n. 16, p. 297-334, 1951. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02310555>.

DIAZ-BORDENAVE, J.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 28. ed. Petrópolis: Vozes, 2007.

FERREIRA, V. F. As tecnologias interativas no ensino. **Química Nova**, n. 21, v. 6, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v21n6/2913>. Acesso em: 20 ago. 2017.

FREEMAN, S. *et al.* Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014. doi: 10.1073/pnas.1319030111.

HUG, B.; KRAJCIK, J. S.; MARX, R. W. Using innovative learning technologies to promote learning and engagement in an urban science classroom. **Urban Education**, v. 40, p. 446-472, 2005. doi: 10.1177/0042085905276409.

INFANTE-MALACHIAS, M. E.; PADILHA, I. Q. M.; WELLER, M.; SANTOS, S. Comprehension of basic genetic concepts by Brazilian undergraduate students. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 3, p. 657-668, 2010. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART9_Vol9_N3.pdf. Acesso em: 21 ago. 2017.

JÉLVEZ, J. A. Q. A pesquisa como princípio pedagógico no Ensino Médio. In: AZEVEDO, J.C.; Reis, J. T. (Org.). **Reestruturação do Ensino Médio – pressupostos teóricos e desafios da prática**. São Paulo: Fundação Santillana, 2013. p. 116-131.

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 1, p. 35-50, 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132011000100003>.

- KLATAU-GUIMARÃES, M. N.; PAIVA, S. G.; OLIVEIRA, S. F. Herança monogênica: além do DNA. **Genética na Escola**, v. 9, n. 2, p. 81-85, 2014. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_512a7e24d23f450cb212bc244a063d39.pdf. Acesso em: 21 ago. 2017.
- KNIPPELS, M. C. P. J.; WAARLO, A. J.; BOERSMA, K. Design Criteria for Learning and Teaching Genetics. **Journal of Biological Education**, v. 39, n. 3, p. 108-112, 2005. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2005.9655976>.
- LEWIS, J.; KATTMANN, U. Traços, genes, partículas e informação: re-visitando estudantes entendendo da genética. **International Journal of Science Education**, n. 26, p. 195-206, 2004.
- MACDONALD, J. H. **Myths of Human Genetics**. University of Delaware. 2011. Disponível em: <http://udel.edu/~mcdonald/mythintro.html>. Acesso em: 6 jun. 2017.
- MALAFAIA, G.; BÁRBARA, V. F.; RODRIGUES, A. S. Análise das concepções e opiniões de discentes sobre o ensino da biologia. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 4, n. 2, p. 165-182, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.14244/1982719994>.
- MARIN, M. J. S. *et al.* Aspectos das fortalezas e fragilidades no uso das metodologias ativas de aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 34, n. 1, p. 13-20, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-55022010000100003>.
- MINGRONI NETTO, R. C. Dominante ou recessivo. **Genética na Escola**, v. 7, n. 2, 2012. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_63f26b774c424b9f95961104c6b81162.pdf. Acesso em: 6 jun. 2017.
- MITRE, S. M. *et al.* Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, n. 2, p. 2133-2144, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232008000900018>.
- MORAN, J. **Mudando a educação com metodologias ativas**. 2015. Disponível em: http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf. Acesso em: 26 jun. 2017.
- MUHAMAD, M.; ZAMAN, H. B.; AHMAD, A. Virtual Biology Laboratory (VLab-Bio): Scenario-based Learning Approach. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, n. 69, p. 162-168, 2012. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.395>.
- NIEDERAUER, J. **Desenvolvendo websites com PHP**. São Paulo: Novatec, 2004.
- NOVAK, J. D. Uma teoria de educação: aprendizagem significativa subjacente à integração construtiva de pensamentos, sentimentos e ações levando ao empoderamento para compromisso e responsabilidade. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, v. 1, n. 2, p. 1-14, 2011. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID7/v1_n2_a2011.pdf. Acesso em: 28 ago. 2017.
- OWENS, M. T.; TANNER, K. D. Teaching as Brain Changing: Exploring Connections between Neuroscience and Innovative Teaching. **CBE Life Sciences Education**, v. 16, n. 2, 2017. doi: 10.1187/cbe.17-01-0005.

REDFIELD, R. J. “Why do we have to learn this stuff?” – A new genetics for 21st century students. **PLoS Biology**, n. 10, 2012. doi: 10.1371/journal.pbio.1001356.

ROCHA, R. L. A. Tecnologia adaptativa aplicada ao processamento computacional de língua natural. **Revista IEEE América Latina**, v. 5, n. 7, p. 544-551, 2007. Disponível em: http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol05/vol5issue7Nov.2007/5TLA7_09daRocha.pdf. Acesso em: 28 ago. 2017.

SARTORI, A. S.; HUNG, E. S.; MOREIRA, P. J. Uso das TICs como ferramentas de ensino e aprendizagem – notas para uma prática pedagógica educacional. Caso Florianópolis 2013/2014. **Contexto & Educação**, v. 31, n. 98, p. 133-152, 2016.

SEAGER, R. D. Genetic Dominance & Cellular Processes. **The American Biology Teacher**, v. 76, n. 9, p. 576-581, 2014. doi: 10.1525/abt.2014.76.9.2.

SHAW, K. R. M.; VAN-HORNE, K.; ZHANG, H.; BOUGHMAN, J. Essay contest reveals misconceptions of high school students in genetics content. **Genetics**, v. 178, p. 1157-1168, 2008. doi: 10.1534/genetics.107.084194.

SILVA, J. R. S. *et al.* Ensino por pesquisa: análise de uma proposta para estudantes do Curso de Ciências Biológicas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 2, p. 253-272, 2012. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen11/REEC_11_2_1_ex597.pdf. Acesso em: 28 ago. 2017.

SMITH, M. K.; KNIGHT, J. K. Using the genetics concept assessment to document persistent conceptual difficulties in undergraduate genetics courses. **Genetics**, v. 191, n. 1, p. 21-32, 2012. doi: 10.1534/genetics.111.137810.

SMITH, M. K.; WOOD, W. B. Teaching Genetics: Past, Present, and Future. **Genetics**, v. 204, n. 1, p. 5-10, 2016. doi: 10.1534/genetics.116.187138.

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, p. 358-372, 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X13619>.

TSUI, C. Y.; TREAGUS, D. F. Understanding genetics: analysis of secondary students' conceptual status. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 44, n. 2, p. 205-235, 2007. doi: 10.1002/tea.20116.

WIGGINS, B. L. *et al.* ASPECT: A Survey to Assess Student Perspective of Engagement in an Active-Learning Classroom. **CBE Life Sciences Education**, v. 16, n. 32, 2017. doi: 10.1187/cbe.16-08-0244.

WILLIAMS, M.; MONTGOMERY, B. L.; MANOKORE, V. From Phenotype to Genotype: Exploring Middle School Students' Understanding of Genetic Inheritance in a Web-Based Environment. **The American Biology Teacher**, v. 74, n. 1, p. 35-40, 2012. doi: 10.1525/abt.2012.74.1.8.

WU, J. Mutation-Based Learning to Improve Student Autonomy and Scientific Inquiry Skills in a Large Genetics Laboratory Course. **CBE Life Sciences Education**, v. 12, n. 2 p. 460-470, 2013. doi: 10.1187/cbe.12-09-0168.

ZANOTO, M.; DE ROSE, T. M. S. Problematizar a própria realidade: análise de uma experiência de formação contínua. **Educação e Pesquisa**, v. 29, n. 1, 2003. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-97022003000100004>.

3.6.6 Outras atividades que merecem destaque

Partindo do princípio que os recursos didáticos que facilitam o ensino devem ser disponibilizados aos pares, o Quadro 6, a seguir, faz uma síntese de atividades desenvolvidas relativas à proposta apresentada.

Quadro 6 – Atividades desenvolvidas concomitantes ao desenvolvimento da proposta e que contribuem de certa forma nos resultados obtidos

Atividade	Evento	Evento	Propósito
Frequência de traços humanos hereditários em uma amostra da população de Cruz Alta/RS.	Seção de pôster.	Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão UNICRUZ/ 2013 (Apêndice I).	Resultados de frequência de caracteres humanos do teste-piloto aplicados por acadêmicos do curso de Biomedicina.
Oficina “Reconhecimento de padrões de herança de caracteres humanos por meio de investigação e análise estatística”.	Genética na Praça – Oficina para professores da rede no congresso.	Congresso Brasileiro de Genética – SBG 2016 /Caxambu/MG (fotos e programação – Apêndice J).	Divulgar a possibilidade de utilização do <i>software</i> para investigação da frequência e análise estatística.
Resumo “Reconhecimento de padrões de herança de caracteres humanos por meio de investigação e análise estatística”.	Seção de pôster. Área Ensino. Congresso de Genética.	Congresso Brasileiro de Genética – SBG 2016 /Caxambu/MG (fotos e programação – Apêndice K).	Divulgar preocupações e perspectivas no ensino de Genética com o uso de <i>software</i> .
Resumo “Investigação através de <i>software</i> para inserir os alunos nos padrões de herança genéticos”.	Seção de pôster. Ensino de Ciências.	I Encontro Regional do Ensino de Ciências – Santa Maria /2016 (Apêndice L).	Apresentar relato dos professores da utilização da proposta desenvolvida em curso de capacitação.
Artigo “Simulando a relação entre mutação e câncer na sala de aula”	Elaborado na disciplina de “Experimentação e criatividade em atividades didáticas” do Programa de Pós-Graduação – Educação em Ciências.	Revista <i>Genética na Escola</i> – Seção “Na sala de aula” (Apêndice M).	Elaborar e descrever atividade didática que facilita o estudo das interações entre as mutações, os fatores ambientais e o desenvolvimento do câncer.

Fonte: A autora (2017).

4 DISCUSSÃO

Com o propósito de responder ao questionamento “De que forma a utilização de caracteres humanos na contextualização dos padrões de herança impacta o ensino de Genética mendeliana?”, diferentes atividades foram desenvolvidas. Iniciou com a identificação da utilização de caracteres humanos em livros didáticos para contextualizar padrões de herança; depois pela identificação da percepção dos professores que trabalham com essa temática, seguida de uma reflexão dos problemas gerados pelas concepções erradas que geram maior ou menor gosto pela disciplina, bem como situações de desconfiança e descrédito nas informações trabalhadas. Na sequência, elaborou-se uma estratégia de aprendizagem ativa com identificação de frequência de alguns caracteres humanos herdados. Essa atividade foi desenvolvida e avaliada em alunos do Ensino Médio e aos professores foi proporcionada uma capacitação de modo a superar as dificuldades identificadas.

O legado proporcionado pelas pesquisas de Gregor Mendel impulsionou o desenvolvimento da Genética. Em nenhum momento, neste trabalho, discute-se a pertinência de ensinar Genética mendeliana. O que está em discussão é a utilização dos caracteres humanos como forma de contextualizar o ensino de Genética, mais especificamente em herança monófrida e as questões intrínsecas a essa contextualização, como:

- Vantagens da contextualização \times dificuldades no ensino de Genética.
- Equívocos relacionados aos exemplos caracterizados de modo incorreto e consequências.
- Alternativas para utilizar exemplos de caracteres humanos herdados sem causar os equívocos identificados.

De modo geral, é possível afirmar que a utilização de caracteres humanos na contextualização dos padrões de herança mendelianos impacta no ensino de Genética de duas maneiras: positiva, enquanto estímulo e motivação para discussão de caracteres pessoais e familiares herdados, e de forma negativa, com relação à Genética enquanto ciência nos problemas gerados pelas concepções errôneas que ocasionam situações de desconfiança e descrédito no conhecimento científico.

4.1 DIFICULDADES NO ENSINO DE GENÉTICA E NECESSIDADE DE CONTEXTUALIZAÇÃO

O rigor matemático e as observações precisas de Mendel foram, sem dúvida, a maior contribuição para o desenvolvimento da Genética enquanto ciência e disciplina escolar. Mas pensar hoje a Genética do Ensino Médio apenas sob a ótica matemática, determinística e probabilística da herança compromete os demais campos de conhecimento da Genética.

Essa visão mendeliana de herança destaca-se nas orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Compreender os mecanismos de herança e conhecer as contribuições de Mendel são questões fundamentais a serem abordadas no Ensino de Biologia no Ensino Médio. Esse documento sugere também a utilização de caracteres de familiares e conhecidos para a construção de heredogramas (BRASIL, 2004). Essa percepção envolve os professores. Franzolin (2012), em entrevista com cerca de 200 professores da rede básica e do Ensino Superior em relação aos conhecimentos básicos de Genética, relata que 100% deles mencionam os padrões de herança como conteúdos preponderantemente básicos no ensino de Genética, 83,3% as Leis de Mendel e 41,7% dão destaque à Genética Humana.

Um ensino focado, principalmente, em herança mendeliana, analisada através do quadrado de Punnett, é identificado por Shaw e colaboradores (2008), associados à dificuldade dos alunos de descrever de forma correta a natureza dos padrões de herança dominante ou recessiva e, ainda, relacionar genes e alelos.

Outras dificuldades são bastante evidentes no ensino de Genética. Knippels, Waarlo e Boersma (2005) destacam a complexidade e o nível de abstração necessários para o entendimento da disciplina. Na prática docente, uma separação no tempo e no espaço dos tópicos de herança, reprodução e meiose e conhecimentos relacionados de Biologia celular, molecular e bioquímica parecem ser responsáveis pela natureza abstrata do assunto. Cimer (2012) acrescenta à complexidade descrita por Knippels o excesso de memorização determinado por um amplo vocabulário exigido para a compreensão dos processos de herança genética.

Dificuldades de compreensão desses conceitos complexos e abstratos são apontadas como responsáveis por interferir na aprendizagem em Genética (TSUI; TREAGUS, 2007; INFANTE-MALACHIAS *et al.*, 2010; WILLIAMS; MONTGOMERY; MANOKORE, 2012; SMITH; KNIGHT, 2012). Para Santos e Martins (2009), essa compreensão inadequada pode influenciar a aprendizagem de conteúdos genéticos mais complexos, como os conceitos e as

implicações sociais de organismos geneticamente modificados, e de acordo com Lewis e Kattmann (2004), promover a incapacidade de aplicar esse conhecimento básico ao cotidiano.

Essas dificuldades conceituais parecem não estar presentes apenas entre os alunos do Ensino Médio. Saka e colaboradores (2006) demonstraram claramente que os futuros professores possuem entendimentos inadequados da relação entre alguns conceitos genéticos básicos, como os relativos à herança mendeliana e termos como “mitose/meiose” e “cromossomos homólogos”. Altunoolu; Seker (2015) encontraram resultados similares na Turquia ao avaliar 196 professores recém-formados através de uma abordagem de conceitos, utilizando a escala de Likert. Esses autores destacam que os professores que deveriam ter a literacia científica para trabalhar as questões relativas aos novos conceitos em Genética são, na verdade, um dos motivos de equívocos dos estudantes.

A ausência de contextualização amplia o grau de abstração exigido para a construção do conhecimento em Genética e determina uma redução do interesse por parte dos estudantes (CASTELÃO; AMABIS, 2008). Nesse sentido, Lopes (2002) destaca a necessidade de envolver os aprendizes a partir de suas experiências e relacionadas ao seu contexto, de forma que se produza significado, favorecendo o processo de aprendizagem, evocando áreas, âmbitos ou dimensões presentes na vida pessoal, social e cultural, mobilizando competências cognitivas adquiridas e favorecendo a aprendizagem.

Contextualizar, relacionando com o cotidiano do aluno a disciplina escolar e o contexto histórico-social, é possível com a utilização de caracteres pessoais herdados. Nessa situação, contextualizar pode aproximar o conteúdo formal (científico) do conhecimento trazido pelo aluno (não formal), para que o conteúdo escolar se torne interessante e significativo (KATO; KAWAZAKI, 2011). Nesse sentido, Knippels, Waarlo e Boersma (2005) reforçam que não usar contextos de vida cotidiana ou problemas que têm relevância pessoal ou social amplia a abstração e determina uma perda de motivação entre os estudantes.

Esse modo de trabalhar o ensino de Genética está de acordo com os princípios e as condições de aprendizagem destacados por Ausubel (2003) com relação a: 1. utilização de materiais potencialmente significativos, como as características pessoais, e, nesse caso, observáveis em si, nos familiares e nos colegas, e 2. disposição para aprender, visto que desperta a curiosidade. Ausubel (2003) destaca que a aprendizagem se dá em cima do que se sabe, assim, o conhecimento prévio pode ser um excelente precursor para a discussão do tema em sala de aula, como, por exemplo, a herança da cor dos olhos, do tipo de cabelo e da cor da pele. Considerar os conhecimentos prévios e o cotidiano dos alunos com o uso de caracteres

humanos herdados é visto como elemento importante na contextualização do ensino por Lima e colaboradores (2000).

Embora a Genética Humana seja muito recente no ensino e mais relacionada às doenças, percebe-se uma crescente utilização de exemplos nessa área por parte dos autores dos livros didáticos e pelos professores na transposição para o conhecimento escolar, levando em consideração todas as necessidades de contextualização. A utilização de exemplos reais, concretos e próximos do aluno favorece o aprendizado, garante a contextualização, determina um maior interesse e desperta a curiosidade, o que, segundo a totalidade dos professores entrevistados, garante um melhor entendimento dos temas desenvolvidos em Genética.

A listagem dos exemplos utilizados pelos professores retrata os exemplos disponibilizados nos livros didáticos, como demonstram os resultados de uma avaliação específica com relação à utilização de caracteres humanos na contextualização de padrões de herança monogênica em livros didáticos, identificando como mais comuns: o lóbulo da orelha, o albinismo, a fibrose cística, a fenilcetonúria, o daltonismo; seguidos de acondroplasia, sensibilidade ao PTC, polidactilia, habilidade para destro ou canhoto, gene para Alzheimer precoce, galactosemia e cor do olho, que se assemelham aos descritos pelos professores (BAIOTTO; SEPEL; LORETO, 2016).

Quando consideramos separadamente as características relativas à herança autossômica monogênica, percebe-se uma preferência significativa em utilizar caracteres humanos próximos e facilmente identificáveis, como a ausência de pigmentação da pele (albinismo). Seguem, na preferência dos autores, doenças, como a fibrose cística e a fenilcetonúria, e traços hereditários, como a forma do lóbulo da orelha, a sensibilidade ao PTC (feniltiocarbamida), a habilidade destro/canhoto e a forma de implantação dos cabelos. Albinismo e a fibrose cística estão presentes na contextualização de praticamente todos os autores (BAIOTTO; LORETO, 2017a).

Na avaliação dos professores entrevistados, o uso dos caracteres humanos se constitui no modo mais eficiente de aproximar o ensino do cotidiano dos alunos, despertar a curiosidade e o interesse deles, favorecendo a aprendizagem. Quando se fragmentam esses dados, com relação à utilização de caracteres humanos herdados, pode-se identificar que 80% dos professores destacam a proximidade do tema, 60% apontam a facilidade de entendimento e compreensão e 20% reforçam que os caracteres humanos, por fazerem parte do dia a dia dos alunos, favorecem a curiosidade e o interesse, gerando uma série de questionamentos. Da mesma forma, 20% ainda fazem destaque para o fato de que todos esses enfoques promovem uma melhor e mais significativa aprendizagem.

A relação de dependência do livro didático se constitui em outro elemento importante desta reflexão e pode estar sendo determinante na escolha dos exemplos a serem utilizados, visto que todos os professores de Genética da rede pública do município utilizam os livros disponibilizados no PNLD na escola para o planejamento das aulas e 80% o adotam como livro-texto. Mesmo com uma confiabilidade plena de 53,3%, constata-se que o livro didático ainda se constitui na principal fonte de pesquisa e resolução de dúvidas, ocupando um lugar de destaque no aprendizado de Genética.

Cabe destacar que essa dependência, provavelmente, não esteja associada a uma menor formação desse professor, como afirma Maia e Vilani (2016), visto que todos têm graduação em Biologia. Possivelmente, seja pela disponibilidade do material na escola e pelo reduzido tempo empregado no planejamento das aulas, tendo em vista o acúmulo de turmas e funções exercidas pelos professores. O livro como suporte nesse planejamento também é destaque em Garcia e Bizzo (2010), El-Hani, Roque e Rocha (2011), Franzolin, Tolentino-Neto e Bizzo (2014) e Franzolin e Bizzo (2015).

4.2 EQUÍVOCOS RELACIONADOS AOS EXEMPLOS CARACTERIZADOS DE MODO INCORRETO E CONSEQUÊNCIAS ASSOCIADAS

Ouvir com uma relativa frequência um profissional da área da saúde dizer que “pais de olhos claros não podem ter um filho de olho escuro” ou “fulano não pode ser filho do ciclano porque tem a pele muito mais clara que o pai e a mãe” são como jogar fora um trabalho de décadas de ensino tentando demonstrar que a expressão de determinadas características envolve muito mais do que um par de genes e a expressão “Aa”.

Essas preocupações se agravam quando solicitamos aos professores que descrevessem alguns padrões de herança e dessem exemplos. Percebeu-se de forma muito clara a distribuição dos caracteres humanos herdados nos padrões monogênicos de herança, em que 80% citam utilizar olhos claros e escuros como exemplo de gene dominante e recessivo, 33,3% citam o uso do cabelo crespo como dominante em relação aos cabelos lisos e o mesmo percentual utiliza os cabelos escuros em relação aos cabelos claros. É necessário considerar que uma pequena parcela desses professores utiliza de forma simplificada, enquanto outros demonstram claramente concepções equivocadas a respeito da herança dos caracteres exemplificados.

Mais preocupações emergem do questionamento acima. A primeira reforçada pela grande dependência do livro didático, tendo em vista o longo *delay* entre a produção do

conhecimento científico e as tecnologias associadas e a transposição didática necessária para a produção do livro. A segunda atrelada à transposição desse saber de modo a torná-lo mais compreensível, utilizando analogias, desvios conceituais e excesso de simplificações que ampliam esse distanciamento e podem se transformar em obstáculos epistemológicos, visto que são assumidos pelos professores como verdades científicas (FRANZOLIN; BIZZO, 2015).

A transposição didática somada a uma falta de atualização periódica parece ainda ser a principal responsável pelas contextualizações com erros, desvios, simplificações e demais equívocos observados. Toledo e Ferreira (2015, p. 242), ao avaliarem erros conceituais em evolução e diversidade biológica, encontraram um grande número de equívocos que, segundo os autores, “podem propiciar a criação de obstáculos epistemológicos, fortalecidos pelo uso de analogias e imagens concretas no tratamento de um modelo teórico que envolve diferentes fenômenos abstratos”. Destacam que a transposição não significa uma simplificação, e esses equívocos podem levar à compreensão errada dos conhecimentos científicos e dificuldades de aprendizagem futura.

Entretanto, questões culturais ou de senso comum, trazidas nesse contexto, podem dificultar ou desmotivar o ensino de Genética. Entre as informações disseminadas na população, está a cor dos olhos, que vem de uma concepção de senso comum que pais de olhos claros não podem ter filhos de olhos escuros. Entende-se por escuro os olhos castanhos, e claros, azuis ou verdes. Esse consenso é desconstruído quando no ensino de Genética se atribui a esse caráter um padrão de herança poligênica (mais de um par de genes).

Situações diferenciadas podem ser vivenciadas pelo professor na contextualização acima. Primeiro, se o professor trabalhar na desconstrução de um conceito prévio de senso comum vai encontrar dificuldades na contextualização, mas está ensinando da forma correta. Nessa perspectiva, a herança de cor dos olhos não pode ser usada para exemplificar herança monogênica, como muitas vezes é utilizada. Por outro lado, se o professor consente nessa perspectiva de pais de olhos verdes, recessivos, não podem ter filhos de olhos escuros, associando o caráter a um padrão monogênico, mesmo com a justificativa de simplificação do conteúdo, esse aluno vai encontrar problemas ao se deparar com situações cotidianas contrárias ao que aprendeu, o que pode levar a um descrédito no ensino e na ciência como um todo. Além disso, a aplicação desses conceitos equivocados pode levar a problemas familiares, relativos a questionamentos de paternidade.

Tomando como exemplo o caráter cor dos olhos, descrito de forma apropriada por autores de seis das obras dispostas no PLND-2012, um deles menciona a necessidade de

simplificar utilizando apenas os padrões claros e escuros. Entretanto, quatro deles apresentam, em outras partes da obra, os fenótipos azuis e castanhos como herança monogênica, com dominância do castanho sobre o azul, caracterizando-se como um desvio em relação à descrição (dois nos exercícios e dois deles no texto e nos exercícios). Dessa forma, 67% das obras que descrevem de forma apropriada esse padrão de herança fazem um emprego equivocado dessa característica nos exercícios ou em outras partes do texto.

Cabe destacar que o termo “equivoco” utilizado tem a mesma conotação atribuída por Shaw e colaboradores (2008) como qualquer declaração claramente escrita que não refletiu com precisão a natureza da ciência genética, tecnologia ou pesquisa. Os achados mais significativos entre as formas equivocadas de descrever os padrões de herança nos livros didáticos avaliados destacam-se na sequência: erros conceituais, desvios em relação à descrição e as simplificações. Foram consideradas simplificações aquelas em que os autores se posicionam a respeito da utilização das mesmas no texto.

Alguns equívocos encontrados nos livros: três pares de genes, em que se atribui a cor azul ao indivíduo albino (denominado como aa); ausência de interação com o ambiente (lateralidade, capacidade de enrolar a língua); falta de relação com rotas metabólicas, em que indivíduos com genes diferentes comprometidos podem ter mesmo efeito fenotípico, muitas simplificações, como crespo e liso, lóbulo solto e preso, hipertricose e fator Rh, ainda tratado por alguns autores como dominante e recessivo. Percebe-se ainda, apesar de todos os recursos disponíveis e as possibilidades de atualizações, registros de uma multiplicidade de informações a respeito dos padrões de herança. Para esse caráter, podemos encontrar descrições apropriadas, erros conceituais, desvios em relação à descrição e simplificações.

Desse modo, percebe-se claramente que os desvios conceituais (descrição do processo é significativamente diferente da apresentada na referência) comprometem a compreensão dos processos de herança (FRANZOLIM; BIZZO, 2015) e se acentuam quando se tratam de caracteres humanos, traços facilmente observáveis em si mesmo e em familiares, comprometendo a credibilidade dos padrões de herança ensinados. Assim, caracteres poligênicos tratados de forma monogênica, mesmo que de forma simplificada e com o intuito de criar situações para resolução de “problemas de probabilidade”, ampliam consideravelmente as questões atreladas ao determinismo genético (MOSS, 2003; FERREIRA; SILVA; CARVALHO, 2009).

A natureza determinista dos genes na expressão das características foi apontada como um dos principais equívocos entre os estudantes na escrita dos textos analisados por Shaw e colaboradores (2008). Apresentam dificuldade para perceber que muitos genes atuam de

forma conjunta e que o ambiente pode interferir na expressão fenotípica final. Poucos parecem ter conhecimento sobre herança não mendeliana e poligênica, assim, o equívoco mais comum é individualizar genes como responsáveis pela maioria das características e doenças. Ainda de acordo com os autores, a aceitação do determinismo genético pode influenciar negativamente o comportamento individual e as escolhas de estilo de vida. Notícias divulgadas na mídia, segundo os autores, contribuem para a visão determinista, de que um gene é sempre responsável por uma característica ou um gene com uma mutação sempre causa uma doença. Para evitar esse equívoco, é importante que os alunos compreendam que é raro que um único gene tenha controle completo sobre um fenótipo exibido e que múltiplos genes atuam em conjunto com o ambiente na determinação do fenótipo (SHAW *et al.*, 2008).

Herança complexa interpretada como monogênica ignora a participação de outros alelos no funcionamento normal dos processos bioquímicos envolvidos no desenvolvimento dessa característica, como, por exemplo, os caminhos bioquímicos que levam à síntese dos pigmentos do olho (MEYER; BOMFIM; EL-HANI, 2013). Compreender heterogeneidade genética necessita compreender mutações e efeitos moleculares associados, visto que mutações diferentes no mesmo *locus* ou em *locus* diferentes são responsáveis por fenótipos similares (SCHAEFER; THOMPSON, 2015).

Do mesmo modo, muitos conceitos que envolvem mecanismos moleculares são passíveis de sofrer diferentes apropriações pelos estudantes porque envolvem a integração de diferentes níveis de organização: “o molecular (genes), o micro (cromossomos) e o macro (características fenotípicas e padrões de herança)” (CAMARGO; INFANTE-MALACHIAS, 2007). Essa forma de abordagem da genética integrada à biologia molecular complica ainda mais as representações simbólicas e simplificadas de características humanas (“A” e “a”) no ensino de Genética.

A expressão mais presente entre os entrevistados ao identificar quais caracteres utilizam com mais frequência nesse tópico de ensino remete à expressão “gene para”, que ignora a influência epigenética e ambiental sobre esse caráter (por exemplo, “um gene para olhos azuis”). A falsa ideia de “homogeneidade genética” se acentua com essa visão determinista da Genética. Percebe-se, a partir da análise das entrevistas realizadas, um ensino focado, principalmente, em herança mendeliana simples, analisado por meio do quadrado de Punnett. Knippels, Waarlo e Boersma (2005) e Redfiel (2012) complementam que precisamos gastar menos tempo em cruzamentos genéticos simples, em que genes únicos causam resultados fenotípicos, e apresentar aos alunos caracteres complexos quantitativos e

estabelecer relações entre conceitos importantes como reprodução, meiose e características genéticas.

Concepções errôneas se destacam na análise de conteúdos de Genética em escolas de Ensino Médio na região com relação aos temas genótipo, fenótipo e meio ambiente, entre outros (TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2014). Com base na literatura, é possível constatar que realidades diferentes apresentam os mesmos problemas conceituais. Shaw *et al.* (2008) identificaram em 80% dos textos escritos por alunos do Ensino Médio, procedentes de 500 escolas, pelo menos um erro conceitual em um estudo conduzido pela Sociedade Americana de Genética Humana (ASHG). Os problemas foram catalogados e reunidos em tópicos: tecnologia genética, natureza determinística dos genes, padrões de herança, natureza dos genes e material genético, base das doenças genéticas, pesquisa genética e tecnologias reprodutivas.

Trabalhar padrões de herança subsidiado por exemplos de caracteres humanos amplia a possibilidade de se encontrar imprecisão, descrita, nesse caso, como a situação em que o autor descreve um padrão de herança e utiliza no livro um exemplo que não corresponde a ele. Nos casos de imprecisão em relação à descrição, isso não acontece apenas nos livros didáticos, mas na fala dos professores ao contextualizar suas aulas. A transposição didática realizada pelo professor leva, muitas vezes, à simplificação, que, por sua vez, pode criar situações que levam à concepções errôneas. Cabe ao professor ficar atento a esses exemplos, pois eles não estão totalmente errados, mas geram lacunas de informações que podem ser erroneamente interpretadas pelos alunos.

Usar exemplos simplificados cria a necessidade de aprofundamento e explicações adicionais que justifiquem as constatações que os estudantes farão em suas próprias famílias e que podem estar em desacordo com o padrão que foi inicialmente apresentado. A utilização de exemplos simplificados seguida de uma abordagem multifatorial pode levar a diferentes situações: a) o aluno pode construir uma concepção equivocada de que os padrões mendelianos de herança não existam, pelo fato de que houve a “desconstrução” das explicações simples; b) o aluno pode sentir-se satisfeito com o argumento simplificado e acabar não aderindo à segunda parte da abordagem (BAIOTTO; SEPEL; LORETO, 2016).

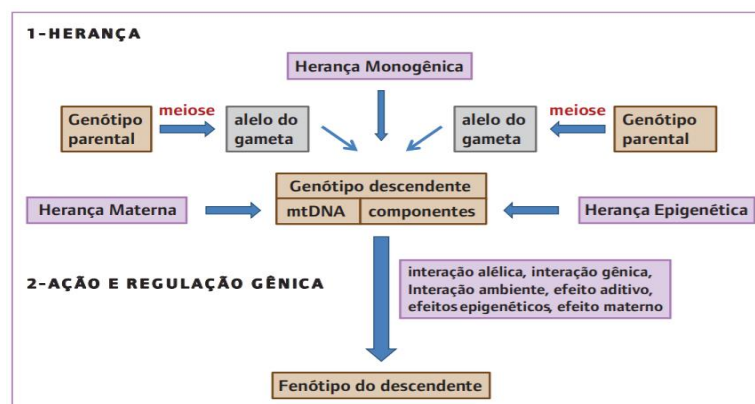
Um certo descrédito na informação científica pode ser gerado se o aluno perceber que há inadequação do que ele observa em sua família com as previsões decorrentes das informações simplificadas. Um bom exemplo é a ideia de que o lóbulo de orelha preso é recessivo; se isso é verdadeiro, então pais com essa característica devem ter sempre filhos com lóbulo de orelha preso, o que não é exato. Para saber mais sobre a inadequação do

exemplo do lóbulo da orelha ou outros caracteres humanos, sugere-se utilizar informações do texto “Mitos de genética humana” (MACDONALD, 2011).

Na perspectiva de trabalhar com caracteres humanos herdados, é possível identificar primeiro características unicamente monogênicas, descontínuas, numa perspectiva histórica e científica, mas ao mesmo tempo contextualizada em exemplos próximos da realidade do aluno. Em seguida, desenvolver os caracteres humanos complexos herdados dentro de suas especificações conceituais. Cabe destacar que para trabalhar desse modo, o professor precisa estar atualizado e utilizar referenciais confiáveis. Dessa forma, não é necessária a desconstrução de conceitos, mas exige, fundamentalmente, o empenho em identificar exemplos corretos para cada padrão de herança e, ao mesmo tempo, que garantam a contextualização necessária para estimular e sustentar o processo de aprendizagem em Genética no Ensino Médio.

Poucas características são de herança monogênica, e a expressão “fenotípica” pode estar associada a mutações em diferentes *locus*. Klatau-Guimarães, Paiva e Oliveira (2014) propõem uma sequência para o ensino de Genética de modo que se possa ampliar a visão da herança, considerando a variação fenotípica esperada para uma característica monogênica e a diversidade de fatores envolvidos na relação genótipo \times fenótipo (Figura 4). Defendem também a necessidade da visão global e dinâmica dos possíveis níveis de organização relacionados à expressão fenotípica: o molecular (genes), o micro (cromossomos e células), o macro (organismo e ambiente) e suas interações.

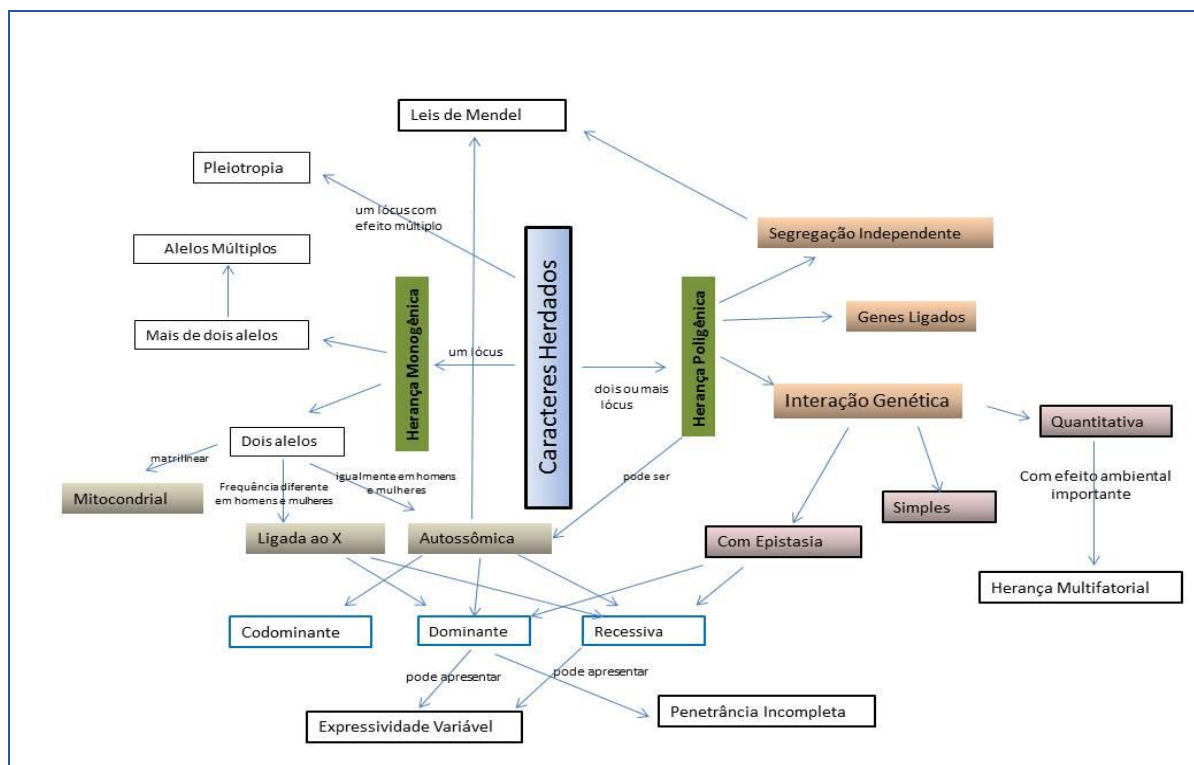
Figura 4 – Esquema sugerindo que a percepção da transmissão de um fenótipo possa ser abordada em duas etapas: 1. transmissão do material genético; 2. ação e controle da expressão do gene



Fonte: (KLATAU-GUIMARÃES; PAIVA; OLIVEIRA, 2014, p. 85).

A utilização de um mapa conceitual que possibilite visualizar de modo abrangente as diferentes formas de herança dos caracteres favorece a construção de conceitos (Figura 2).

Figura 5 – Mapa conceitual com identificação dos principais padrões de herança dos caracteres herdados



Fonte: (BAIOTTO, 2013).

Entretanto, é inevitável que em algum momento o professor se depare com situações inusitadas que levem o aluno a duvidar de sua paternidade. O professor que optar por tratar desses temas deve ter mais que conhecimento, deve ter sensibilidade e maturidade para abordar de forma séria e responsável essas questões. Uma alternativa seria utilizar modelos hipotéticos, como “Scoiso”, em forma do jogo virtual⁶, ou construção de modelos como os descritos na atividade “Filho de Scoiso, scoisinho é!”⁷, que combinam atividade lúdica com noções básicas de padrões de herança, elaborados pelo Instituto de Biociências/USP.

4.3 ALTERNATIVAS PARA UTILIZAR OS CARACTERES HUMANOS HERDADOS SEM CAUSAR OS EQUÍVOCOS IDENTIFICADOS

O sistema “Identificação de caracteres humanos herdados” proposto e projetado para executar a coleta de dados com tecnologias voltadas à web, disponível também para aplicativo em celular, possibilita o acesso simples e rápido por diferentes públicos a uma alternativa

⁶ Disponível em: <http://www.ib.usp.br/microgene/index.php?pagina=atividades>

⁷ Disponível em: <http://genoma.ib.usp.br/educacao-e-difusao/materiais-didaticos/atividades-interativas>

metodológica de investigação do padrão de herança de caracteres humanos a partir da frequência deles na população. A análise dos resultados possibilita diferenciar herança monogênica de herança poligênica, com base na frequência, e favorece a discussão dos demais conceitos necessária para a compreensão dos padrões de herança.

Os professores das escolas onde se deu a coleta de dados participaram da análise da proposta. Relatos destes identificam que, desde o primeiro contato com a atividade, os alunos se dispuseram a participar, demonstrando interesse e curiosidade para com o tema. A análise e discussão dos resultados utilizando números e/ou gráficos disponíveis no *software* levaram os alunos a perceberem a variação entre as porcentagens apresentadas dentro do próprio ambiente escolar. Os estudantes consideram que a utilização da Internet torna interessantes as atividades realizadas em sala de aula, promovendo impactos significativos na aprendizagem. Percebe-se que os professores necessitam estar capacitados para assumir esse papel preponderante no estímulo ao uso de tecnologias, dados que estão de acordo com Sartori, Hung e Moreira (2016).

Como o *software* também disponibiliza gráficos de outras escolas, os alunos tiveram a oportunidade de comparar os resultados, o que evidenciou que algumas características se expressam de forma diferente em outras áreas do mesmo município. Com isso, os alunos puderam retomar conceitos indispensáveis para a aprendizagem da disciplina de Biologia (Genética) e, principalmente, compreender as diferenças entre os padrões de herança.

A utilização do ambiente virtual largamente estimulada pelo maior acesso às tecnologias entre os alunos tem demonstrado resultados interessantes sob o ponto de vista da Genética. Um ambiente virtual de investigação científica (WISE), proposto por Williams, Montgomery e Manokore (2012), aplicado a alunos do Ensino Médio buscou avaliar a compreensão a respeito de herança e estabelecer relações entre célula e reprodução. Encontraram resultados significativos na compreensão de como se segregam os genes na divisão celular e demais fatores que interagem na herança genética. A utilização de recursos tecnológicos favoreceu a compreensão integrada dos mecanismos de herança genética, condição prévia para a compreensão de conceitos mais complexos de Genética.

Uma abordagem diferenciada de aprendizagem proposta por Muhamad e colaboradores (2012), que utiliza cenários para investigação em um ambiente virtual (VLab-Bio), demonstrou que as tecnologias virtuais, além de melhorar o ensino e a aprendizagem, auxiliam na construção do conhecimento científico, visto que propiciam a simulação de experimentos com redução de custos. Da mesma forma, a utilização de uma ferramenta virtual para a investigação permite detectar melhorias na aprendizagem. Entretanto, o uso das

tecnologias como ferramentas de ensino não é suficiente para ampliar as condições de ensino-aprendizagem. De acordo com Ferreira (1998), o mais importante no uso das tecnologias interativas e da Internet no ensino é a abordagem pedagógica que o professor pode imprimir, e não a tecnologia em si.

Na proposta apresentada, a abordagem investigatória amplia o potencial de utilização dessas tecnologias e se revela uma excelente estratégia de aprendizagem ativa. Wu (2013) desenvolveu um protocolo experimental envolvendo uma mutação, inserido numa estratégia de aprendizagem ativa baseada em problema, identificou que seus alunos após a atividade discutem mais os experimentos, utilizam mais as habilidades da pesquisa e desenvolvem maior autonomia. Nessa atividade, provavelmente, os resultados poderão ser evidenciados em longo prazo.

A necessidade de avaliação da proposta desenvolvida levou à utilização de um instrumento elaborado e validado por Wiggins *et al.* (2017) que permitiu visualizar o envolvimento dos alunos na estratégia de aprendizagem. Com boa confiabilidade dos dados e avaliados sob três domínios diferentes (valor da atividade, esforço pessoal e contribuição do professor), percebe-se uma homogeneidade no entendimento dos alunos com relação ao grau de concordância nas respostas.

Esses resultados validam as observações dos professores com relação à estratégia de aprendizagem ativa como uma metodologia diferenciada que favoreça a utilização de caracteres humanos na contextualização dos padrões de herança. Possibilita a construção de conceitos básicos importantes no ensino de Genética, minimiza problemas gerados pelos equívocos e simplificações nos padrões de herança humanos dispostos nos livros didáticos e transmitidos pelo conhecimento (senso comum). Desse modo, melhora a compreensão do padrão de herança dos caracteres humanos e facilita a aprendizagem.

Obter uma melhor compreensão do nível de envolvimento dos alunos, de acordo com Wiggins *et al.* (2017), permite identificar as melhores práticas e fornece uma medida adicional para avaliar de forma abrangente o impacto de diferentes estratégias de aprendizagem ativa. Owens e Tanner (2017) contribuem nesse sentido utilizando conhecimentos de neurociência que associam a aprendizagem baseada em problemas com o aumento da motivação e interesse, visto que liberam dopamina e acetilcolina. Estratégias que envolvam estabelecer conexões, avaliar, comparar e sintetizar, segundo os autores, favorece a compreensão dos conceitos.

Nesse sentido, a pesquisa entra como ponto de partida para esta reflexão sobre a prática pedagógica. A investigação da realidade da escola, do ensino e da sua prática promove

mudanças epistemológicas na docência de modo a permitir um “ressignificar da nossa prática, do nosso fazer pedagógico” (JÉLVEZ, 2013). Propicia a construção mais significativa do conhecimento, que interfere diretamente na qualidade do conhecimento trabalhado. Passa por essa formação em todos os momentos uma diretriz previamente estabelecida – o ensino pela pesquisa. Pesquisa em todas as suas formas de interpretação, pesquisa na proposta pedagógica/metodológica do professor com os seus alunos ou pesquisa da sua prática, contribuindo na esperada melhoria da qualidade do ensino.

Embora Shaw e colaboradores (2008) destaquem que um maior acesso às tecnologias parece não modificar os equívocos encontrados entre os alunos do Ensino Médio, a tecnologia utilizada na estratégia de aprendizagem ativa parece motivar os alunos a encontrarem respostas para as questões propostas, de modo que reduz os equívocos destacados. Nesse sentido, muitos equívocos ainda precisam ser trabalhados para que tenhamos cidadãos capazes de compreender de forma crítica as informações genéticas básicas de modo que possamos consentir, compreender e interpretar exames genéticos. A utilização de uma linguagem adequada e precisa, descrita por Shaw e colaboradores (2008), por exemplo, “é uma mutação no gene da fibrose cística, não o gene da fibrose cística”, que resulta em um fenótipo de doença. Imprescindível que esses equívocos não se perpetuem pelo uso indevido desses termos.

Outra preocupação apontada por Shaw e colaboradores (2008) está relacionada à visão relativamente simples de um gene, em que se pode prever que “tt” resultará em uma planta baixa e “TT” resultará em uma planta alta. Essa visão monogênica, embora precisa para um pequeno subconjunto de características, é claramente limitada. A maioria dos traços e doenças humanas é mais complexa do que o modelo dominante \times recessivo. A influência dos genes no fenótipo é descrita por alguns alunos como: “se todos os indivíduos de sua família forem altos, você será alto”. A utilização de conceitos de herança monogênica é extrapolada para as características humanas sem considerar os controles moleculares e bioquímicos. Embora Reid e Ross (2011), ao sequenciarem quatro das sete características trabalhadas por Mendel, descrevem que é perfeitamente possível associar questões moleculares das características sequenciadas aos exemplos utilizados na época.

Uma forma simples, mas eficiente de abordar a relação gene \times ambiente na expressão do fenótipo, pode ser desenvolvida com a utilização da atividade didática publicada na revista *Genética na Escola* “Simulando a relação entre mutação e câncer na sala de aula” (BAIOTTO; LORETO, 2016). Essa estratégia utiliza recursos muito simples, e além de associar a intensidade da radiação ultravioleta com o desenvolvimento de mutações

relacionadas ao desenvolvimento do câncer de pele, permite discutir questões relativas à prevenção do câncer de pele (BAIOTTO; LORETO, 2016).

Com essa preocupação, cabe destacar que a frequência das características identificadas no *software* permite estabelecer diferenças entre herança contínua e descontínua (monogênica e poligênica), entretanto não pode atribuir dominância ou recessividade para eles. É necessário considerar que características mais comumente encontradas não são necessariamente dominantes, ou seja, os resultados de frequência devem servir como ponto de partida para a discussão desses conceitos.

Mingroni-Netto (2012) manifesta sua preocupação com a utilização dos termos “dominante” e “recessivo” sem fazer relação com processos de transcrição. Se um alelo determina um fenótipo dominante ou recessivo em um determinado *locus*, isso depende: a) do tipo de produto que resulta da transcrição e tradução da informação contida nesse alelo, b) da sua relação com o produto codificado pelo outro alelo no mesmo *locus* e c) da reação do organismo à presença, ausência ou redução dos produtos dos alelos ou à modificação da função desses produtos.

Seager (2014) complementa que a dominância não é um mecanismo da ação dos genes, mas, sim, consequência de processos celulares associados e intimamente relacionados com os fenótipos transcritos. A dificuldade em entender o significado de dominante perpassa do nível do aluno para o professor. Abrahão, Perez e Price (2014) destacam que a dominância é, frequentemente, interpretada como uma propriedade fixa de um alelo. Ao utilizarem um inventário de conceitos para o termo “dominante”, descrevem que as principais concepções alternativas para o termo estão relacionadas à frequência e às vantagens seletivas, independentemente do público e mesmo após o ensino (instrução). Esses equívocos são apontados como foco de discussão nas atividades “*An Inventory of My Traits*” elaboradas pelo “*Genetic Science Learning Center*”. O Centro de Aprendizagem de Ciências Genéticas na Universidade de Utah é um programa educacional nacional e internacionalmente reconhecido que traduz ciência e saúde para não especialistas.

Os avanços tecnológicos não se constituem apenas em estratégias, mas ampliam de modo considerável os conteúdos e a complexidade relativa à transmissão dos caracteres hereditários, com participação de outros genes e do ambiente na expressão destes, exigindo uma maior atenção dos caracteres quantitativos em relação ao tempo gasto com cruzamentos genéticos simples, em que genes únicos causam resultados fenotípicos (REDFIELD, 2012). Nesse sentido, a utilização dessa estratégia favorece a discussão dos diferentes tipos de herança e de todos os processos relacionados à sua expressão.

A redução da memorização em decorrência das informações *on-line* e utilização de ferramentas para buscar essas informações subsidiam as discussões relacionadas ao ensino de Genética e à compreensão conceitual de princípios, como o armazenamento e a transmissão de informações (SMITH; WOOD, 2016).

As atividades desenvolvidas estão de acordo com os argumentos de Knippels, Waarlo e Boersma (2005), em que destacam que se deve iniciar com temas com os quais os alunos estão familiarizados, estabelecendo semelhanças e diferenças. A estratégia de aprendizagem ativa desenvolvida inicia com a observação de fenômenos relacionados à hereditariedade, proporcionando oportunidades para os estudantes articularem suas experiências e concepções cotidianas, estabelecendo relações entre os conteúdos através da análise estatística proporcionada pela investigação. Esse aumento do interesse em relação ao tema desenvolvido proporcionado por uma estratégia metodológica ativa minimiza as dificuldades relacionadas à compreensão no ensino de Genética (MALAFAIA; BÁRBARA; RODRIGUES, 2010).

Por fim, entendemos que, para que ocorra uma aprendizagem mais efetiva, o professor precisa se apropriar dos conceitos prévios dos alunos, e a inserção do cotidiano permite essa avaliação. Assim, o processo de reconstrução desses conceitos fica mais efetivo. Silva *et al.* (2012) demonstram ser possível as mudanças conceituais com a inserção da investigação na disciplina, um ensino por pesquisa. Os alunos também precisam tomar consciência de suas concepções e refletir sobre elas no contexto das explicações científicas. Nesse foco, iniciando o ensino com a discussão de observações e fenômenos relacionados à hereditariedade, e proporcionariam oportunidades para os estudantes articularem suas experiências e concepções cotidianas, que, segundo Lewis e Kattmann (2004), poderiam ajudar a elucidar as concepções de genes de seus alunos.

A utilização de caracteres humanos atende às necessidades de contextualização ao mesmo tempo em que permite um olhar mais específico para a complexidade dos padrões de herança. Entretanto, é necessário escolher bons exemplos, conceitualmente corretos, que atendam à necessidade de contextualização e que, aliados a estratégias metodológicas diferenciadas, minimizem as dificuldades no ensino de Genética.

Vários desafios ainda precisam ser superados, mas se acredita que estratégias de aprendizagem ativas que utilizam a investigação como ferramenta para a análise e construção de conceitos associados ao padrão de herança, em um ambiente virtual inserido num contexto pessoal e familiar do aluno, contribui de forma muito significativa na redução dos equívocos destacados no presente trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Caracteres humanos são amplamente utilizados na contextualização dos padrões de herança no ensino de Genética e estão cada vez mais presentes nos livros didáticos e nas falas dos professores, atendendo à necessidade de contextualizar o ensino e aproximá-lo do cotidiano, valorizando, assim, as questões sociais e culturais, estimulando a curiosidade e o interesse, o que favorece a aprendizagem.

Características como cor do olho e dos cabelos, forma do lóbulo da orelha, textura dos cabelos, flexão do polegar e capacidade de enrolar a língua estão entre os principais exemplos de caracteres humanos utilizados pelos professores na contextualização de herança monogênica e presentes nos livros didáticos avaliados, embora nem todos sejam abordados sob a forma correta de herança. Destaca-se na entrevista aos professores e na análise dos livros didáticos uma tendência a reduzir as características genéticas a um padrão monogênico de herança, que pode ser resolvido pelo quadro de Punnett.

Dificuldades associadas à falta de atualização de muitos professores, problemas na transposição didática do livro para a sala de aula e da utilização do livro didático como principal referência no planejamento das aulas e na resolução de dúvidas se refletem nas inconsistências, nos desvios em relação à descrição e no excesso de simplificações e equívocos encontrados com relação ao padrão de herança dos caracteres humanos, podendo se constituir em obstáculos epistemológicos, que dificultam ou entram em choque com o conhecimento científico, cultural e social discutido na sala de aula, visto que esses traços podem ser facilmente observáveis em si mesmo e nos familiares.

A inserção de um *software* em estratégia de aprendizagem ativa facilitou o acesso e ampliou a perspectiva de trabalho com os professores sob a forma de investigação do modo de herança de caracteres comumente trabalhados na escola. A construção de um ambiente virtual para a investigação garantiu mais precisão nos resultados e mais rapidez na análise. A disponibilidade de gráficos facilitou a identificação das diferenças entre os padrões de herança e ainda reforça os princípios da área das “Ciências da Natureza” no Ensino Médio, que tem na pesquisa o principal foco.

O recurso tecnológico disponível em ambiente virtual e aplicativo para celular aumenta a interação dentro da sala de aula, desenvolve a socialização aluno/aluno e professor/aluno, favorece um aprendizado colaborativo e propicia a construção do conhecimento necessário para o entendimento dos padrões de herança. Diferenças entre herança monogênica e poligênica estão bem claras na análise proporcionada pelo *software*,

entretanto, a análise da frequência não deve ser o único elemento para diferenciar características dominantes de recessivas. O *software* também não permite inferir sobre a participação de fatores ambientais e epigenéticos na expressão dessas características. Estes e outros questionamentos podem ser trabalhados ao longo da atividade pelo professor.

Entende-se como necessária a contextualização no ensino de Genética através da utilização dos caracteres humanos hereditários, no entanto, sugere-se maior cuidado dos autores ao utilizar simplificações e generalizações; mais atenção dos professores ao fazer a transposição didática e a contextualização no ensino; redução da utilização do livro didático como única fonte de consulta e material de aula e a utilização de metodologias diferenciadas de ensino, em que o aluno se torne o protagonista do seu processo de aprendizagem, investigando e avaliando traços hereditários humanos de herança monogênica reconhecida.

As dificuldades dos professores na utilização dos caracteres humanos como forma de contextualizar os padrões de herança podem ser superadas pela introdução de situações de investigação e análise estatística proporcionada pelo *software* e busca de informações atualizadas.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAN, J. K.; PEREZ, K. E.; PRICE, R. M. The Dominance Concept Inventory: A Tool for Assessing Undergraduate Student Alternative Conceptions about Dominance in Mendelian and Population Genetics. **CBE Life Sciences Education**, v. 13, p. 349-358, 2014. doi: 10.1187/cbe.13-08-0160.
- ALMEIDA, M. I. Formação contínua de professores em face das múltiplas possibilidades e inúmeros parceiros existentes hoje. In: BRASIL. **Formação contínua de professores**. Brasília: MEC, 2005. Disponível em: <http://cdnbi.tvescola.org.br/resources/VMSResources/contents/document/publicationsSeries/150934FormacaoCProf.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2016.
- ALTUNOOLU, B. D.; SEKER, M. The Understandings of Genetics Concepts and Learning Approach of Pre-Service Science Teachers. **Journal of Educational and Social Research**, v. 5, n. 1, April 2015. doi: 10.5901/jesr.2015.v5n1s1p61.
- ARAÚJO, A. M.; MARTINS, L. A. C. A teoria cromossômica da herança e a teoria do plastinema de Toledo Piza Jr.: um confronto esquecido. **Filosofia e História da Biologia**, v. 3, p. 1-19, 2008. Disponível em: <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-03/FHB-v03-01-Aldo-Araujo-Lilian-Martins.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2016.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Editora Plátano, 2003.
- BADZINSKI, C.; HERMEL, E. E. S. A representação da genética e da evolução através de imagens utilizadas em livros didáticos de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, 2015, p. 434-454. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172015170208>
- BAIOTTO, C. R. Contextualizando padrões de herança através de mapas conceituais. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO NO MERCOSUL, XV, 2013, Cruz Alta. **Anais...**, Cruz Alta, 2013. Disponível em: <http://unicruz.edu.br/mercosul/pagina/anais/2013/EDUCACAO%20E%20DESENVOLVIMENTO%20HUMANO/ARTIGOS/CONTEXTUALIZANDO%20PADROES%20DE%20HERANCA%20ATRAVES%20DE%20MAPAS%20CONCEITUAIS.PDF>. Acesso em: 10 jun. 2015.
- BAIOTTO, C. R.; DELLA MÉA, A. R. Estratégia de ensino para temas complexos de genética. In: ENCONTRO REGIONAL SUL DE ENSINO DE BIOLOGIA (EREBIO-SUL), 2013, Santo Ângelo. **Anais...**, Santo Ângelo, 2013. Disponível em: http://santoangelo.uri.br/erebiosul2013/anais/wp-content/uploads/2013/07/comunicacao/13598_277_Cleia_Rosani_Baiotto.pdf. Acesso em: 10 jul. 2014.
- BAIOTTO, C. R.; LORETO, E. L. S. Alguns contrapontos da utilização de caracteres humanos herdados no ensino de genética em livros didáticos. **RenCiMa**, 2017a. Submetido.
- _____; _____. Ensinar padrões de herança mendelianos utilizando caracteres humanos – percepção dos professores. **Contexto & Educação**, 2017b. No prelo.

_____; _____. Simulando a relação entre mutação e câncer na sala de aula. **Genética na Escola**, v. 11 n. 1, p. 46-53, 2016. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_2ab688a45bbb478db158b48349af492b.pdf. Acesso em: 10 jul. 2017.

BAIOTTO, C. R.; SEPEL, L. M. N.; LORETO, É. L.S. Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelhas. **Genética na Escola**, v. 11, p. 286-293, 2016. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_2cdb152d15264daf9419bc8a9c60b654.pdf. Acesso em: 20 ago. 2017.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BERBEL, N. A. N. A problematização e a aprendizagem baseada em problemas: diferentes termos ou diferentes caminhos? **Interface**, v. 2, n. 2, p. 139-154, 1998. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-32831998000100008>.

BITTENCOURT, C. M. F. Em foco: história, produção e memória do livro didático. **Educação e Pesquisa**, v. 30, n. 3, p. 471-473, 2004. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-97022004000300007>.

BIZZO, N. **Mais Ciência no Ensino Fundamental**: metodologia de ensino em foco. São Paulo: Editora do Brasil, 2009.

_____. A avaliação oficial de materiais didáticos de Ciências para o ensino fundamental no Brasil. In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 7, São Paulo, 2000. **Anais...** São Paulo, 2000. p. 54-58.

BOLZAN, D. P. V. **Formação de professores**: compartilhando e reconstruindo conhecimentos. 2. ed. Porto Alegre: Mediação, 2009.

BORGES OSÓRIO, M. R.; ROBINSON, W. M. **Genética humana**. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, Editora da Universidade UFRGS, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **Plano Nacional de Educação (PNE) 2002-2020**. Brasília: MEC/SEM, 2014.

_____. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília: MEC/SEM, 2013.

_____. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **Guia de Livros Didáticos**: PNLD 2012 – Biologia. Brasília: MEC/SEF, 2011.

_____. Ministério da Educação e Cultura. **Guia do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD)**. Brasília: MEC/SEF, 2008.

_____. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEB, 2004.

_____. Ministério da Educação e Cultura. **PCN + Ensino Médio**. Brasília, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

_____. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

BRITO, L.; SOUZA, M.; FREITAS, D. Formação inicial de professores de ciências e biologia: a visão da natureza do conhecimento científico e relação CTSA. **Interacções**, v. 4, n. 9, p. 129-148, 2008. Disponível em: <http://revistas.rcaap.pt/interaccoes/article/view/364/319>. Acesso em: 20 ago. 2017.

BROWN, T. A. **Genética: um enfoque molecular**. Tradução de Paulo Armando Motta e Liane Oliveira Mufarrej Barbosa. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

CAMARGO, S. S.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. A genética humana no Ensino Médio: algumas propostas. **Genética na Escola**, v. 2, n. 1, p. 14-16, 2007. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_213a6a6514ba4157b7327c516b634d33.pdf. Acesso em: 31 ago. 2017.

CANTIELLO, A. C.; TRIVELATO, S. L. F. Dificuldades de vestibulandos em questões de genética. In: ENPEC – ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, IV, 2003, São Paulo. **Anais...** Disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Painel/PNL118.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2017.

CARDOSO-SILVA, C. B.; OLIVEIRA, A. C. Como os livros didáticos abordam as diferentes formas de estimar a biodiversidade? **Ciência & Educação**, v. 19, n. 1, p. 169-180, 2013. Disponível em: <http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=251025751013>. Acesso em: 26 ago. 2017.

CARVALHO, G. S. A transposição didática e o ensino de biologia. In: CALDEIRA, A. M. A.; ARAUJO, E. S. N. N. (Orgs.) **Introdução à didática da biologia**. São Paulo: Escrituras Editora, 2010.

CASTELÃO, T. B.; AMABIS, J. M. Motivação e ensino de genética: um enfoque atribucional sobre a escolha da área, prática docente e aprendizagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 54, 2008, Salvador. **Anais...**, 2008.

CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. Buenos Aires: Aique, 1997. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242760000_La_transposicion_didactica_Del_saber_sabio_al_saber_enseñado. Acesso em: 21 ago. 2017.

CHINELLI, M. V.; FERREIRA, M. V. S.; AGUIAR, L. E. V. Epistemologia em sala de aula: a natureza da ciência e da atividade científica na prática profissional de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 1, p. 17-35, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-7313201000010000>.

CIMER, A. What makes biology learning difficult and effective: students' views. **Educational Research and Reviews**, v. 7, n. 3, p. 61-71, 2012. doi: 10.5897/ERR11.205.

CIRNE, A. D. P. P. **Dificuldades de aprendizagem sobre conceitos de genética no ensino fundamental**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

CLEVELAND, L. M.; OLIMPO, J. T.; DECHENNE-PETERS, S. E. Investigating the Relationship between Instructors' Use of Active-Learning Strategies and Students' Conceptual Understanding and Affective Changes in Introductory Biology: A Comparison of Two Active-Learning Environments. **CBE-Life Sciences Education**, v. 16, n. 19, 2017. doi: 10.1187/cbe.16-06-0181.

CRONBACH, L. J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**, n. 16, p. 297-334, 1951. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02310555>.

DALAPICOLLA, J.; SILVA, V. A. S.; GARCIA, J. F. M. Evolução biológica como eixo integrador da Biologia em livros didáticos do Ensino Médio. **Ensaio**, v. 17, n. 1, p. 150-172, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-211720175170107>.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DIAS, M. A. S. **Dificuldades na aprendizagem dos conteúdos de biologia**: evidências a partir das provas de múltipla escolha do vestibular da UFRN (2001-2008). 2008. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

DIAZ-BORDENAVE, J.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 28. ed. Petrópolis: Vozes, 2007.

DOUGHERTY, M. J. Closing the Gap: Inverting the Genetics Curriculum to Ensure an Informed Public. **American Journal of Human Genetics**, v. 85, n. 1, p. 6-12, 2009. doi: 10.1016/j.ajhg.2009.05.010.

EI-HANI, C. N. Between the cross and the sword: the crisis of the gene concept. **Genetics and Molecular Biology**, v. 30, n. 2, p. 297-307, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-47572007000300001>.

EL-HANI, C. N.; ROQUE, N.; ROCHA, P. L. B. Livros didáticos de biologia no Ensino Médio: resultados do PNLEM/2007. **Educação em Revista**, v. 27, n. 1, p. 211-240, abr. 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-46982011000100010>.

EMERY, A. E. Joseph Adams (1756-1818). **Journal of Medical Genetics**, v. 26, n. 2, p. 116-118, 1989.

FERREIRA, C.; SILVA, C.; CARVALHO, G. S. Doenças genéticas e determinismo genético em manuais escolares: comparação entre Portugal e França. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL, V/IBERO-AMERICANO DE EDUCAÇÃO FÍSICA, LAZER E SAÚDE, II, São Miguel, Açores, 2009. **Actas...** São Miguel, Açores, 2009.

FERREIRA, P.; JUSTI, R. S. A abordagem do DNA nos livros de biologia e química do ensino médio: uma análise crítica. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 6, n.1, p.1415-2150, 2005. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172004060104>.

FERREIRA, V. F. As tecnologias interativas no ensino. **Química Nova**, n. 21, v. 6, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v21n6/2913>. Acesso em: 20 ago. 2017.

FRANZOLIN, F. **Conhecimentos básicos de Genética segundo professores e docentes e sua apresentação nos livros didáticos e na academia: aproximações e distanciamentos.** 2012. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FRANZOLIN, F.; BIZZO, N. Types of Deviation in Genetics Knowledge Presented in Textbooks Relative to the Reference Literature. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v. 167, 2015, p. 223-228. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.666>.

_____; _____. Conceitos de biologia em livros didáticos de Educação Básica e na Academia: aproximações e distanciamentos. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUDESTE, IX, 2009, São Carlos. **Anais...**, São Carlos, 2009.

FRANZOLIN, F.; TOLENTINO-NETO, L. C. B.; BIZZO, N. Generalizações que distanciam os conhecimentos dos livros didáticos das referências em Genética. Investigações no Ensino de Genética. **Genética na Escola**, v. 9, n. 2, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Luiz_Tolentino-Neto/publication/268216054_Generalizacoes_que_distanciam_os_conhecimentos_dos_livros_didaticos_das_referencias_em_Genetica/links/5464fefc0cf25b85d17d23b9/Generalizacoes-que-distanciam-os-conhecimentos-dos-livros-didaticos-das-referencias-em-Genetica.pdf. Acesso em: 21 ago. 2017.

FREEMAN, S. *et al.* Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014. doi: 10.1073/pnas.1319030111.

GAMBARINI, C.; BASTOS, F. A utilização do texto escrito por professores e alunos nas aulas de Ciências. In: NARDI, R.; ALMEIDA, M. J. P. M. (Orgs.). **Analogias, leituras e modelos no ensino da ciência: a sala de aula em estudo.** São Paulo: Escrituras, 2006. p. 93-115.

GARCIA, C. M. **Formação de professores: para uma mudança educativa.** Porto: Porto Editora, 1995.

GARCIA, P. S.; BIZZO, N. A pesquisa em livros didáticos de ciências e as inovações no ensino. **Educação em Foco**, v. 15, p. 13-35, 2010. Disponível em: <http://revista.uemg.br/index.php/educacaoemfoco/article/viewFile/89/124>. Acesso em: 21 ago. 2017.

GERICKE, N. **Science versus School-science; multiple models in genetics** – the depiction of gene function in upper secondary textbooks and its influence on students' understanding. 2009. Tese (Doutorado em Biology Education) – Universidade de Karlstad, Karlstad, 2009.

GIACÓIA, L. R. D. **Conhecimento básico de genética: concluintes do Ensino Médio e graduandos de Ciências Biológicas.** 2006. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2006.

GOLDBACH, T.; SARDINHA, R.; DYZARDS, F.; FONSECA, M. Problemas e desafios para o ensino de genética e temas afins no ensino médio: dos levantamentos aos resultados de um grupo focal. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (Enpec), VII, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2009.

GOUW, A. M. S. **As opiniões, interesses e atitudes dos jovens brasileiros frente à ciência: uma avaliação em âmbito nacional.** Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, 1999. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/603/pdf>. Acesso em: 10 ago. 2017.

HUG, B.; KRAJCIK, J. S.; MARX, R. W. Using innovative learning technologies to promote learning and engagement in an urban science classroom. **Urban Education**, v. 40, p. 446-472, 2005. doi: 10.1177/0042085905276409.

INFANTE-MALACHIAS, M. E.; PADILHA, I. Q. M.; WELLER, M.; SANTOS, S. Comprehension of basic genetic concepts by Brazilian undergraduate students. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 9, n. 3, p. 657-668, 2010. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen9/ART9_Vol9_N3.pdf. Acesso em: 21 ago. 2017.

JÉLVEZ, J. A. Q. A pesquisa como princípio pedagógico no Ensino Médio. In: AZEVEDO, J.C.; Reis, J. T. (Org.). **Reestruturação do Ensino Médio – pressupostos teóricos e desafios da prática.** São Paulo: Fundação Santillana, 2013. p. 116-131.

JUSTINA, L. A. D.; BARRADAS, C. M. **As opiniões sobre o ensino de genética numa amostra de professores de biologia no nível médio.** Porto Alegre: ABRAPEC, 2004.

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 1, p. 35-50, 2011. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132011000100003>.

KEAN, S. **O polegar do violinista e outras histórias da genética sobre amor, guerra e genialidade.** Tradução de Cláudio Carina. Rio de Janeiro: Zahar, 2013.

KLATAU-GUIMARÃES, M. N.; PAIVA, S. G.; OLIVEIRA, S. F. Herança monogênica: além do DNA. **Genética na Escola**, v. 9, n. 2, p. 81-85, 2014. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_512a7e24d23f450cb212bc244a063d39.pdf. Acesso em: 21 ago. 2017.

KNIPPELS, M. C. P. J. Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education: the yo-yo learning and teaching strategy. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 1, p. 55-76, 2002.

KNIPPELS, M. C. P. J.; WAARLO, A. J.; BOERSMA, K. Design Criteria for Learning and Teaching Genetics. **Journal of Biological Education**, v. 39, n. 3, p. 108-112, 2005. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2005.9655976>.

KUENZER, A. Z. Dilemas da formação de professores para o Ensino Médio no século XXI. In: AZEVEDO, J. C.; REIS, J. T. (Orgs.). **Reestruturação do ensino médio: pressupostos teóricos e desafios da prática.** São Paulo: Fundação Santillana, 2013. p. 81-96.

LA ROSA, J.; FERREIRA, B. W.; RODRIGUES, E. Z.; RAMOS, M. B. **Psicologia e educação: o significado de aprender.** 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1998.

- LANGUI, R. Educação em astronomia e formação continuada de professores: a interdisciplinaridade durante um eclipse lunar total. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 7, p. 15-30, 2009. Disponível em: <http://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/124/152>. Acesso em: 20 ago. 2017.
- LEWIS, J.; KATTMANN, U. Traços, genes, partículas e informação: re-visitar estudantes entendimento da genética. **International Journal of Science Education**, n. 26, p. 195-206, 2004.
- LIBÂNIO, J. C. **Adeus professor, adeus professora? Novas exigências educacionais e profissão docente**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2001.
- LIMA, A. C. R. E. Caminhos da aprendizagem da docência: os dilemas profissionais dos professores iniciantes. In: VEIGA, I. P. A.; D'ÁVILA, C. (Orgs.). **Profissão docente: novos sentidos, novas perspectivas**. 2. ed. Campinas: Papyrus, 2010.
- LIMA, J. F. L.; PINA, M. S. L.; BARBOSA, R. M. N.; JÓFOLI, Z. M. S. A contextualização no ensino de cinética química. **Química Nova na Escola**, n. 11, p. 27-29, 2000. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc11/v11a06.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2017.
- LOPES, A. C. Os parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio e a submissão ao mundo produtivo: o caso do conceito de contextualização. **Educação & Sociedade**, v. 23, n. 80, p. 386-400, 2002. doi: 10.1590/S0101-73302002008000019.
- LORETO, É. L. S.; SEPEL, L. M. N. A escola na era do DNA e da Genética. **Ciência e Ambiente**, v. 26, p. 149-156, 2003.
- MACDONALD, J. H. **Myths of Human Genetics**. University of Delaware. 2011. Disponível em: <http://udel.edu/~mcdonald/mythintro.html>. Acesso em: 6 jun. 2017.
- MAIA, J. O.; VILANI, A. A relação de professores de Química com o livro didático e o caderno do professor. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n. 1, p. 121-146, 2016. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen15/REEC_15_1_7_ex969.pdf. Acesso em: 28 ago. 2017.
- MALAFAIA, G.; BÁRBARA, V. F.; RODRIGUES, A. S. Análise das concepções e opiniões de discentes sobre o ensino da biologia. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 4, n. 2, p. 165-182, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.14244/1982719994>.
- MARCELO, A. **Apache: configurando o servidor WEB para Linux**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Brasport, 2005.
- MARIN, M. J. S. *et al.* Aspectos das fortalezas e fragilidades no uso das metodologias ativas de aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 34, n. 1, p. 13-20, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-55022010000100003>.
- 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, 2009. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132009000300009>.

MEYER, L.; BONFIM, G.; EL-HANI, C. How to Understand the Gene in the Twenty-First Century? **Science & Education**, v. 22, n. 2, p. 345-374, 2013. doi: <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9390-z>.

MINGRONI NETTO, R. C. Dominante ou recessivo. **Genética na Escola**, v. 7, n. 2, 2012. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_63f26b774c424b9f95961104c6b81162.pdf. Acesso em: 6 jun. 2017.

MITRE, S. M. *et al.* Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, n. 2, p. 2133-2144, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232008000900018>.

MORAN, J. **Mudando a educação com metodologias ativas**. 2015. Disponível em: http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf. Acesso em: 26 jun. 2017.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: E.P.U., 2011.

MOREIRA, M. A.; VEIT, E.A. **Ensino superior: bases teóricas e metodológicas**. São Paulo, E.P.U., 2010.

MOSS, L. **What Genes Can't Do**. Cambridge, MA: MIT Press, 2003. Disponível em: <http://www.enu.kz/repository/repository2014/what-genes.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2017.

MOURA, J. *et al.* 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**, v. 34, n. 2, p. 167-174, jul./dez. 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0367.2013v34n2p167>.

MUHAMAD, M.; ZAMAN, H. B.; AHMAD, A. Virtual Biology Laboratory (VLab-Bio): Scenario-based Learning Approach. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, n. 69, p. 162-168, 2012. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.395>.

NIEDERAUER, J. **Desenvolvendo websites com PHP**. São Paulo: Novatec, 2004.

NOVAK, J. D. Uma teoria de educação: aprendizagem significativa subjacente à integração construtiva de pensamentos, sentimentos e ações levando ao empoderamento para compromisso e responsabilidade. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, v. 1, n. 2, p. 1-14, 2011. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID7/v1_n2_a2011.pdf. Acesso em: 28 ago. 2017.

NÓVOA, A. (Coord.). **Os professores e sua formação**. 3. ed. Lisboa: Dom Quixote, 1997.

ONLINE MENDELIAN INHERITANCE IN MAN (OMIM). **An Online Catalog of Human Genes and Genetic Disorders**. 2017. Disponível em: <http://www.omim.org/>. Acesso em: 30 ago. 2017.

OWENS, M. T.; TANNER, K. D. Teaching as Brain Changing: Exploring Connections between Neuroscience and Innovative Teaching. **CBE Life Sciences Education**, v. 16, n. 2, 2017. doi: 10.1187/cbe.17-01-0005.

PAIVA, A. L. B.; MARTINS, C. M. C. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 3, p. 182-201, 2005. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172005070303>.

PASTERNAK, J. J. **Uma introdução à Genética Molecular Humana**: mecanismos das doenças hereditárias. Tradução de P. A. Motta. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

PEDRANCINI, V. D. *et al.* Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias**, v. 6, n. 2, 2007. Disponível em: http://www.docenciauniversitaria.org/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N2.pdf. Acesso em: 30 ago. 2017.

PIMENTA, S. G.; GONÇALVES, C. L. **Revendo o ensino do 2º grau, propondo a formação de professores**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1992.

PIMENTEL, J. R. Livros didáticos de Ciências: a Física e alguns problemas. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 3, p. 308-318, 1998. doi: <http://dx.doi.org/10.5007/%25x>.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132007000100005>.

PRIMON, C. S. F. **Análise do conhecimento de conteúdos fundamentais de Genética e Biologia Celular apresentado por graduandos em Ciências Biológicas**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

REDFIELD, R. J. “Why do we have to learn this stuff?”– A new genetics for 21st century students. **PLoS Biology**, n. 10, 2012. doi: 10.1371/journal.pbio.1001356.

REID, J. B.; ROSS, J. J. Mendel’s Genes: Toward a Full Molecular Characterization. **Genetics**, v. 189, p. 3-10, 2011. doi: 10.1534/genetics.111.132118.

REISS, M. The genetics of hand-clasping--a review and a familial study. **Annals of Human Biology**, v. 26, n. 1, p. 39-48, 1999.

ROCHA, R. L. A. Tecnologia adaptativa aplicada ao processamento computacional de língua natural. **Revista IEEE América Latina**, v. 5, n. 7, p. 544-551, 2007. Disponível em: http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol05/vol5issue7Nov.2007/5TLA7_09daRocha.pdf. Acesso em: 28 ago. 2017.

RODRIGUES, C. L.; AMARAL, M. B. Problematizando o óbvio: ensinar a partir da realidade do aluno. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM EDUCAÇÃO, 1996, Caxambu. **Anais...** Caxambu: Anped, 1996. p. 197.

SAKA, A.; CERRAH, L.; AKDENIZ, A. R.; AYAS, A. A cross-age study of the understanding of three genetic concepts: How do they image the gene, DNA and

chromosome? **Journal of Science Education and Technology**, v. 15, n. 2, p. 192-202, 2006. doi: <https://doi.org/10.1007/s10956-006-9006-6>.

SANTOS, E.; MARTINS, I. P. Ensinar sobre alimentos geneticamente modificados. Contribuições para uma cidadania responsável. **Revista Eletrônica de Esnseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 3, p. 834-858, 2009. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART5_Vol8_N3.pdf. Acesso em: 26 jul. 2017.

SANTOS, V. C.; EL-HANI, C. N. Ideias sobre genes em livros didáticos de biologia do ensino médio publicados no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, 2009. Disponível em: <https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2209/1608>. Acesso em: 28 jul. 2017.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, 2007. Disponível em: http://www.academia.edu/27297895/Contextualiza%C3%A7%C3%A3o_no_ensino_de_ci%C3%A7ncias_por_meio_de_temas_CTS_em_uma_perspectiva_cr%C3%ADtica. Acesso em: 28 ago. 2017.

SARTORI, A. S.; HUNG, E. S.; MOREIRA, P. J. Uso das TICs como ferramentas de ensino e aprendizagem – notas para uma prática pedagógica educacional. Caso Florianópolis 2013/2014. **Contexto & Educação**, v. 31, n. 98, p. 133-152, 2016.

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, 2009. Disponível em: <https://www.rbhcs.com/rbhcs/article/view/6/pdf>. Acesso em: 30 ago. 2017.

SCHAEFER, G. B.; THOMPSON, J. N. **Genética médica: uma abordagem integrada**. Tradução de A. E. Vargas. Porto Alegre: AMGH, 2015.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N. A história da ciência como aliada no ensino de genética. **Genética na Escola**, v. 1, n. 1, p. 17-18, 2006. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_6418c0f6af7d445bbd186c47852833e5.pdf. Acesso em: 26 jul. 2017.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132005000200006>.

SEAGER, R. D. Genetic Dominance & Cellular Processes. **The American Biology Teacher**, v. 76, n. 9, p. 576-581, 2014. doi: 10.1525/abt.2014.76.9.2.

SHAW, K. R. M.; VAN-HORNE, K.; ZHANG, H.; BOUGHMAN, J. Essay contest reveals misconceptions of high school students in genetics content. **Genetics**, v. 178, p. 1157-1168, 2008. doi: 10.1534/genetics.107.084194.

SILVA, E.; MARCONDES, M. E. R. Visões de contextualização de professores de química na elaboração de seus próprios materiais didáticos. **Revista Ensaio**, v. 12, n. 1, p. 101-118, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/epec/v12n1/1983-2117-epec-12-01-00101.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2017.

SILVA, J. R. S. *et al.* Ensino por pesquisa: análise de uma proposta para estudantes do Curso de Ciências Biológicas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 2, p. 253-272, 2012. Disponível em:

http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen11/REEC_11_2_1_ex597.pdf. Acesso em: 28 ago. 2017.

SILVA, M. R. Juventudes e ensino médio: possibilidades diante das novas DCN. In: AZEVEDO, J. C.; REIS, J. T. (Orgs.). **Reestruturação do Ensino Médio**: pressupostos teóricos e desafios da prática. São Paulo: Fundação Santillana, 2013. p. 65-80.

SILVA, M. R.; PASSOS, M. M.; BOAS, A. V. A história da dupla-hélice do DNA nos livros didáticos: suas potencialidades e uma proposta de diálogo. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 3, p. 599-616, 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132013000300007>.

SMITH, M. K.; KNIGHT, J. K. Using the genetics concept assessment to document persistent conceptual difficulties in undergraduate genetics courses. **Genetics**, v. 191, n. 1, p. 21-32, 2012. doi: 10.1534/genetics.111.137810.

SMITH, M. K.; WOOD, W. B. Teaching Genetics: Past, Present, and Future. **Genetics**, v. 204, n. 1, p. 5-10, 2016. doi: 10.1534/genetics.116.187138.

SOARES, K. C.; PINTO, M. C.; ROCHA, M. O. **Cada locus por si mesmo**: por onde andam esses genes? Genética na sala de aula: estratégias de ensino e aprendizagem. Rio de Janeiro: PROMED/UFRJ, 2005.

STRACHAN, T.; READ, A. **Genética molecular humana**. Tradução de A. B. Marisini *et al.* 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 17. ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

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, p. 358-372, 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X13619>.

_____; _____. Desenvolvimento e uso de um modelo didático para facilitar a correlação genótipo-fenótipo. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 2, p. 13-20, 2013. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/2733/273330004002.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2017.

TOLEDO, E. J. L.; FERREIRA, L. H. Transposição didática como reforço de obstáculos epistemológicos em livro texto e em experimentos didáticos. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 2, 2015. Disponível em:

http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen14/REEC_14_2_6_ex964.pdf. Acesso em: 26 jul. 2017.

TRIVELATO, S. L. F. Um programa de ciências para educação continuada. In: CARVALHO, A. M. P. (Coord.). **Formação continuada de professores**: uma releitura das áreas de conteúdo. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2003. p. 63-86.

TSUI, C. Y.; TREGUS, D. F. Understanding genetics: analysis of secondary students' conceptual status. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 44, n. 2, p. 205-235, 2007. doi: 10.1002/tea.20116.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

WIGGINS, B. L. et al. ASPECT: A Survey to Assess Student Perspective of Engagement in an Active-Learning Classroom. **CBE Life Sciences Education**, v. 16, n. 32, 2017. doi: 10.1187/cbe.16-08-0244.

WILLIAMS, M.; MONTGOMERY, B. L.; MANOKORE, V. From Phenotype to Genotype: Exploring Middle School Students' Understanding of Genetic Inheritance in a Web-Based Environment. **The American Biology Teacher**, v. 74, n. 1, p. 35-40, 2012. doi: 10.1525/abt.2012.74.1.8.

WU, J. Mutation-Based Learning to Improve Student Autonomy and Scientific Inquiry Skills in a Large Genetics Laboratory Course. **CBE Life Sciences Education**, v. 12, n. 2 p. 460-470, 2013. doi: 10.1187/cbe.12-09-0168.

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. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132006000300003>.

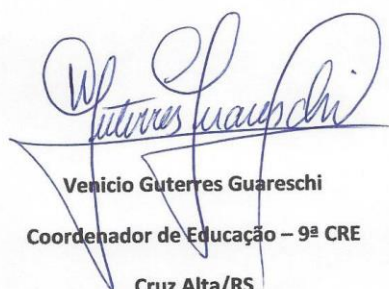
ZANOTO, M.; DE ROSE, T. M. S. Problematizar a própria realidade: análise de uma experiência de formação contínua. **Educação e Pesquisa**, v. 29, n. 1, 2003. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-97022003000100004>.

ZIMAN, J. **Enseñanza y aprendizaje sobre la ciencia y la sociedad**. México: Fondo de Cultura Económica, 1985.

APÊNDICE A – AUTORIZAÇÃO DA 9ª COORDENADORIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO

9ª Coordenadoria Regional de Educação

Autorizamos a realização, após a devida aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa, do projeto de pesquisa que tem por título “**Avaliação dos padrões de herança de características humanas utilizadas com frequência no ensino de Genética**”, desenvolvido pela pesquisadora Cléia Rosani Baiotto, e como objetivo identificar os principais tipos de exemplos de padrões de herança utilizados no ensino e avaliar o padrão de transmissão desta característica em escolares da Rede Pública de Ensino da área de abrangência da 9ª Coordenadoria de Educação.

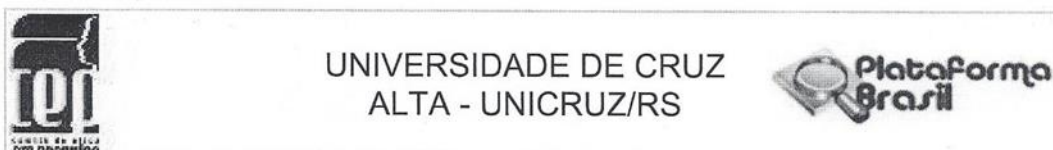


Venicio Guterres Guareschi
Coordenador de Educação – 9ª CRE
Cruz Alta/RS

Venicio Guterres Guareschi
Coordenador Regional de Educação
Bol. 029/11 D.O. 11.02.2011
ID. 1189042/01

Cruz Alta, 02 de agosto de 2013.

APÊNDICE B – PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação dos padrões de herança de características humanas utilizadas com frequência no ensino de Genética.

Pesquisador: Cléia Rosani Baiotto

Área Temática: Genética Humana:

(Trata-se de pesquisa envolvendo Genética Humana que não necessita de análise ética por parte da CONEP.);

Versão: 2

CAAE: 20573613.0.0000.5322

Instituição Proponente: Fundação Universidade de Cruz Alta - UNICRUZ/RS

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 476.189

Data da Relatoria: 20/11/2013

Apresentação do Projeto:

Entre as dificuldades identificadas no ensino de Genética no Ensino Médio destaca-se a utilização de conceitos errôneos e desatualizados nos livros didáticos e reproduzidos pelos professores. Exemplos significativos desta situação podem ser contextualizados no ensino dos padrões de herança, com a utilização de características humanas. A falta de evidências científicas na área somada à constatação de inconsistências e falta de atualização nos conteúdos de padrões de herança determinou a necessidade de identificar o padrão de herança de algumas características humanas utilizadas como exemplos de traços humanos hereditários através de um estudo dos livros didáticos utilizados, identificando os principais exemplos e uma avaliação populacional dessas características buscando avaliar o real padrão de herança. Assim, a proposta metodológica da pesquisa consiste em avaliar os recursos didáticos utilizados no ensino de Genética no Ensino Médio e um estudo populacional que permita identificar a frequência dos padrões de herança.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Geral - Identificar o padrão de herança de algumas características humanas utilizadas

Endereço: Campus Universitário Ulysses Guimarães - Rodovia Municipal Jacob Della Méa, Km 5.6 - Caixa Postal 858
Bairro: Campus Universitário Prédio **CEP:** 98.020-290
UF: RS **Município:** CRUZ ALTA
Telefone: (55)3322-1618 **E-mail:** comitedeetica@unicruz.edu.br



UNIVERSIDADE DE CRUZ
ALTA - UNICRUZ/RS



Continuação do Parecer: 476.189

como exemplos de traços humanos hereditários. Objetivos Específicos:

1. Identificar os padrões de herança mais utilizados nos livros didáticos referências para o Ensino Médio em Biologia;
2. Analisar criticamente o potencial de uso desses exemplos como ferramenta didática e identificar os riscos do uso dessas simplificações;
3. Identificar a prevalência de características humanas utilizadas como principais exemplos de padrões de herança nos livros didáticos;
4. Avaliar o padrão de herança das características identificadas e comparar com dados da literatura.
5. Sugerir características humanas que possam ser utilizados como exemplos em livros e/ou materiais didáticos de forma a não distorcer os conhecimentos da área.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Tal como expõe a pesquisadora:

O estudo não oferece riscos para a saúde ou integridade do indivíduo, visto que a coleta de dados será apenas visual. Os indivíduos da amostra não serão identificados e as imagens digitais registradas apenas com um número. O registro do caráter pode apenas causar constrangimento e neste caso, este indivíduo não participará do estudo.

Por outro lado, com relação aos benefícios: a identificação correta dos padrões de herança trabalhados serão extremamente importantes no ensino de genética e na produção de materiais didáticos coerentes e atualizados. O desenvolvimento deste projeto está proposto para as escolas porque permite ao término o retorno e a discussão dos resultados com os escolares participantes da amostra.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é relevante e o projeto está bem desenvolvido para o que se propõe a pesquisadora.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos estão presentes, incluindo o TCLE que estava ausente na primeira versão e agora está presente.

Recomendações:

O TCLE está bem redigido, porém, como a participação do voluntário é importante para identificar o padrão de herança de algumas características humanas, recomenda-se que no próprio termo conste a forma como a pesquisa será retornada aos pesquisados posteriormente.

Endereço: Campus Universitário Ulysses Guimarães - Rodovia Municipal Jacob Della Méa, Km 5.6 - Caixa Postal 858
Bairro: Campus Universitário Prédio **CEP:** 98.020-290
UF: RS **Município:** CRUZ ALTA
Telefone: (55)3322-1618 **E-mail:** comitedeetica@unicruz.edu.br



UNIVERSIDADE DE CRUZ
ALTA - UNICRUZ/RS



Continuação do Parecer: 476.189

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Nenhuma.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Aprovado.

CRUZ ALTA, 02 de Dezembro de 2013

Assinador por:
Adalberto Fernandes Falconi
(Coordenador)

Endereço: Campus Universitário Ulysses Guimarães - Rodovia Municipal Jacob Della Méa, Km 5.6 - Caixa Postal 858
Bairro: Campus Universitário Prédio **CEP:** 98.020-290
UF: RS **Município:** CRUZ ALTA
Telefone: (55)3322-1618 **E-mail:** comitedeetica@unicruz.edu.br

APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PILOTO)



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

PROJETO: "AVALIAÇÃO DOS PADRÕES DE HERANÇA DE CARACTERÍSTICAS HUMANAS UTILIZADAS COM FREQUÊNCIA NO ENSINO DE GENÉTICA"

(Nome completo da criança - preencher em letra de forma)

A Universidade de Cruz Alta através do Curso de Ciências Biológicas está realizando uma pesquisa "Avaliação dos padrões de herança de características humanas utilizadas com frequência no ensino de Genética" que tem por objetivo identificar os principais padrões de herança utilizados no ensino de Biologia e avaliar o padrão de transmissão destas características.

Seu filho e/ ou dependente está sendo convidado (a) a participar deste projeto e mediante sua autorização, responderá a um questionário identificando algumas características externas como: forma do lóbulo da orelha, implantação dos cabelos na cabeça, forma de cruzar as mãos e os braços e se é canhoto ou destro. Um registro digital (foto) do dedo polegar será realizado.

Cabe salientar que participará do projeto, o aluno que ao ser convidado consinta em fornecer os dados solicitados, não será identificado. Da mesma forma, o estudo não oferece riscos para a saúde ou integridade, visto que a coleta de dados será apenas visual. Sua participação será importante para identificar o padrão de herança de algumas características humanas.

O projeto foi autorizado pelo Comitê de Ética e pela 9ª Coordenadoria de Educação e os acadêmicos responsáveis pela coleta dos dados estarão devidamente identificados e se responsabilizam por desenvolver apenas a proposta aqui identificada.

O Sr(a) poderá negar a participação da criança no estudo a qualquer momento sem nenhum prejuízo. Todas as informações e os resultados destas avaliações serão guardados sob nosso sigilo, resguardando seu anonimato, assim como nossa ética profissional exige.

Não haverá despesas pessoais para o Sr.(a) em qualquer fase deste programa. Também não haverá compensações financeiras relacionadas à sua participação. As informações coletadas serão utilizados somente para fins científicos e resguardam o anonimato do seu filho.

Qualquer dúvida que possa surgir a respeito do projeto poderá ser resolvida com a professora responsável pela proposta – Professora Cléia Rosani Baiotto – no telefone (55) 3321 1606 ou (55) 8413 7134 ou com o comitê de Ética em Pesquisa (CEP/UNICRUZ) telefone 3321 1618.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito da pesquisa e concordo com a participação do meu filho ou responsável.

____/____/____ (data)

APÊNDICE D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (SOFTWARE)



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

PROJETO: “AVALIAÇÃO DOS PADRÕES DE HERANÇA DE CARACTERÍSTICAS HUMANAS UTILIZADAS COM FREQUÊNCIA NO ENSINO DE GENÉTICA”

A Universidade de Cruz Alta através do Curso de Ciências Biológicas está realizando uma pesquisa “Avaliação dos padrões de herança de características humanas utilizadas com frequência no ensino de Genética” que tem por objetivo identificar os principais padrões de herança utilizados no ensino de Biologia e avaliar o padrão de transmissão destas características.

Você está sendo convidado (a) a participar deste projeto respondendo a um questionário que identifica algumas características externas como: forma do lóbulo da orelha, forma do polegar, implantação dos cabelos na cabeça, forma de cruzar as mãos e os braços e se é canhoto ou destro.

Todas as informações e os resultados destas avaliações serão guardados sob nosso sigilo, resguardando seu anonimato. Da mesma forma, o estudo não oferece riscos para a saúde ou integridade, visto que a coleta de dados será apenas de características externas. O projeto foi autorizado pelo Comitê de Ética em Pesquisa e pela 9ª Coordenadoria de Educação. Sua participação será importante para identificar o padrão de herança de algumas características humanas.

Não haverá despesas pessoais para o Sr.(a) em qualquer fase deste programa. Também não haverá compensações financeiras relacionadas à sua participação. As informações coletadas serão utilizadas somente para fins científicos.

Qualquer dúvida que possa surgir a respeito do projeto poderá ser resolvida com a professora responsável pela proposta – **Cléia Rosani Baiotto** – no telefone (55) 3321 1631 ou pelo email cbaiotto@unicruz.edu.br ou com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/UNICRUZ) no telefone 3321 1618.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito da pesquisa e concordo com a participação.

____/____/____ (data)

APÊNDICE E - FICHA DE ENTREVISTA PARA COLETA DE DADOS DOS PROFESSORES

Professor de Biologia -

Contato de email Telefone.....

Escola em que atua.....

Cruz Alta - 9ª CRE

Séries () 1º () 2º () 3º

Tempo de atuação no ensino médio -(anos)

Com conteúdo de genética -(anos)

Utiliza livro didático? () sim () não Qual:.....

Forma de utilização (texto diário, referência, complementação ou outra).....

Utiliza características humanas como exemplos no ensino de genética?

Por quê?

Quais características você utiliza e a que conceito atribui o caráter:

.....-

.....-

.....-

.....-

.....-

.....-

Como desenvolve padrões de herança? (sequencia apresentação,...?).....

.....

Confia na informação do texto do livro utilizado?.....

Já teve desconfiança?.....

Como valida esta informação?

Já se deparou com situações inusitadas, questionamentos que não se respondem com as informações sugeridas pelo livro, como procede?

.....

Cléia Rosani Baiotto

Utilização de caracteres humanos como forma de contextualizar os padrões de herança na Genética no Ensino Médio.

Objetivo Geral – Avaliar a utilização de caracteres humanos como forma de contextualizar os padrões de herança na genética do ensino médio.

APÊNDICE F – CARTA DE APRESENTAÇÃO NA ESCOLA

Universidade de Cruz Alta
Vice-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão

OF. Pesquisa UNICRUZ 077/2014

Cruz Alta, 05 de setembro de 2014.

Prezado Senhora

A Universidade de Cruz Alta através do Curso de Ciências Biológicas está realizando uma pesquisa **“Avaliação dos padrões de herança de características humanas utilizadas com frequência no ensino de Genética”** que tem por objetivo identificar os principais padrões de herança utilizados no ensino de Biologia e avaliar o padrão de transmissão desta característica em escolares da Rede Pública de Ensino da área de abrangência da 9ª CRE.

Cabe salientar que participará do projeto, o aluno que ao ser convidado consinta em fornecer os dados solicitados. O instrumento de coleta dos dados encontra-se em anexo. O estudo não oferece riscos para a saúde ou integridade dos alunos, visto que a coleta será apenas visual. Da mesma forma, eles não serão identificados e o registro digital registrado apenas com um número.

Os acadêmicos responsáveis pela coleta dos dados estarão devidamente identificados e se responsabilizam por desenvolver apenas a proposta aqui identificada. Qualquer dúvida que possa surgir a respeito do projeto poderá ser resolvida com a responsável pela proposta – Professora Cléia Rosani Baiotto – no telefone (55) 3321 1606 ou (55) 8413 7134.

Sendo o que se apresentava para o momento, agradecemos a compreensão.

Atenciosamente


Cléia Rosani Baiotto

Ilma. Sr^a.
Neidi Fátima Santos Lopes
Escola Gabriel de Miranda
Cruz Alta - RS

**APÊNDICE G – SOLICITAÇÃO A 9ª COORDENADORIA REGIONAL DE
EDUCAÇÃO DE LIBERAÇÃO DOS PROFESSORES PARA CURSO DE
FORMAÇÃO**

UNIVERSIDADE DE CRUZ ALTA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE E AGRÁRIAS



OFÍCIO Nº06/2016

Cruz Alta, 24 de fevereiro de 2016.

Prezada Senhora

Ao cumprimentá-la, venho por meio deste, solicitar a autorização para efetuar convite aos professores de Biologia das Escolas de Ensino Médio de Cruz Alta a darem continuidade ao Projeto “Avaliação dos padrões de herança de características humanas utilizadas com frequência no ensino de Genética”.

Para 2016 está previsto o relato para os professores dos resultados da investigação dos caracteres através da utilização do software. Entendeu-se como necessário fazer o mesmo através de uma formação sem nenhum custo para o professor. Cabe destacar que a participação dos professores será apenas de três turnos e preferencialmente fora do horário de trabalho. Entretanto, como preciso de todos ao mesmo tempo, talvez interfira no turno de um destes professores.

Assim, solicito uma comunicação aos diretores das escolas envolvidas (Annes Dias, Dom Antônio, Hildebrando Wesphalen, Venâncio Aires, Margarida Pardelhas, Belarmino Cortes e Maria Bandarra) no sentido de viabilizar a participação dos professores na referida formação. Se outro professor se interessar pela formação, tem vaga disponível.

Um esboço da proposta de formação encontra-se em anexo.

Atenciosamente.

Cléia Rosani Baiotto

CLÉIA ROSANI BAIOTTO

Diretora do Centro de Ciências da Saúde e Agrárias

Rua Pinheiro Machado, 701 • CEP 98005-970

Tel. 55 3322.6030(Geral/Fax) • 33226482 (Ped) • 33225101 (DRH) • 33264145 (NTE)

gab09cre@seduc.rs.gov.br

Ilmo Sra.

Aline Bucco Bilibio

Coordenadora Regional de Educação / 9ª CRE

Cruz Alta / RS

APÊNDICE H – FICHA DE AVALIAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE APRENDIZAGEM



Todas as perguntas nesta pesquisa referem-se à atividade “padrão de herança de caracteres humanos” desenvolvida. Suas respostas nesta pesquisa serão usadas para avaliar como ensinamos esse tópico para futuras aulas de Biologia. Suas respostas não serão identificadas, mas poderá contribuir com a aprendizagem de outros alunos desta série.

Perguntas de configuração:

- A) Durante a aula hoje, você e seus colegas de classe desenvolvera a atividade “padrão de herança de caracteres humanos”. Quantos alunos (incluindo você) trabalharam em seu grupo?
Possíveis Respostas: a) 1 (apenas eu) b) 2 c) 3 d) 4 e) mais de 4
- B) Você é amigo de pelo menos uma pessoa que estava no seu grupo?
Possíveis Respostas: a) Sim b) Não
- C) Como estudante já desenvolveste este tipo de trabalho outras vezes?
Possíveis Respostas: a) Sim b) Não

As seguintes perguntas envolvem sua experiência com a atividade “padrão de herança de caracteres humanos” que você completou hoje. Por favor, avalie quão fortemente você concorda ou discorda de cada uma das seguintes afirmações.

		discordo totalmente	discordo	discordo parcialmente	concordo parcialmente	concordo	concordo totalmente
1	Explicar o material para o meu grupo melhorou a minha compreensão *						
2	O entusiasmo do professor me fez mais interessado na atividade						
3	Tendo o material explicado pelos membros do meu grupo melhorou a minha compreensão do material **						
4	A discussão em grupo durante a atividade contribuiu para a minha compreensão do material do curso						
5	O professor colocou muito esforço na minha aprendizagem para a classe de hoje.						
6	Eu me diverti durante a atividade						
7	No geral, os outros membros do meu grupo fizeram contribuições valiosas durante a atividade						
8	O professor pareceu preparado para a atividade.						
9	Preferiria fazer uma aula que incluía essa atividade de grupo a uma que não incluía essa atividade.						
10	Estou confiante na minha compreensão do material apresentado durante a atividade de hoje.						
11	Eu fiz um valioso contributo para o meu grupo hoje.						
12	O professor e os ATs estavam disponíveis para responder perguntas durante a atividade.						
13	A atividade aumentou a minha compreensão do material do curso.						
14	Fiquei focado durante a atividade de hoje.						
15	A atividade estimulou meu interesse no material do curso.						
16	Trabalhei arduamente durante a atividade de hoje.						

APÊNDICE I – RESUMO EXPANDIDO APRESENTADO NO EVENTO SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UNIVERSIDADE DE CRUZ ALTA



FREQUÊNCIA DE TRAÇOS HUMANOS HEREDITÁRIOS EM UMA AMOSTRA DA POPULAÇÃO DE CRUZ ALTA/RS

LEAL, Paola Ariane Pereira¹; DIAS, Helena Matielo¹; RIBAS JÚNIOR, Vanderlei Silva¹; LÍRIO, Jordana Pereira¹; ENCARNAÇÃO, Bruna Sutel da¹; LORETTO, Elgion²; BAIOTTO, Cléia Rosani³

Palavras-Chave: Identificação. População. Fenótipo. Características.

Introdução

O termo caráter é utilizado em Genética com um sentido muito amplo, já que designa qualquer característica, normal ou patológica, passível de ser notada durante qualquer fase do desenvolvimento de um indivíduo, isto é, desde a sua formação até a sua morte (BEIGUELMAN, 1994). Por outro lado, em determinados casos, dá-se o nome de caráter a características tais como estatura, cor da pele, pressão arterial ou mesmo para definir uma variedade desta característica como estatura alta, pele branca e pressão arterial baixa, revelando uma grande plasticidade quanto ao significado e emprego do termo.

A indicação de uma característica ou o conjunto de características de um indivíduo é representada pelo fenótipo e assim, nos permite reconhecer os fenótipos pressão alta, pressão baixa e pressão normal. O fenótipo constitui a expressão dos genes e pode ter influência ou não do ambiente. Esta influência, quando existente pode contribuir de forma mais intensa ou menos intensa na constituição do fenótipo.

Modos de herança ou padrões de herança representam as formas (regras) que explicam os padrões comuns que as características herdadas seguem quando são passadas através das famílias. O modo pelo qual estas regras afetam os padrões de herança depende de a característica ser transmitida por um autossomo ou cromossomo sexual (autossômicos ou sexuais), a forma de controle e expressão deste gene (dominante ou recessivo), do número de genes envolvidos na expressão deste caráter (multifatorial ou não) e na possibilidade desta característica sofrer ou não influência do ambiente (NUSBAUM et al., 2002; LEWIS, 2004).

¹ Acadêmicos (as) do Curso de Biomedicina – CCS/UNICRUZ – paoola_pereira@hotmail.com

² Professor Colaborador - UFSM

³ Professora Centro de Ciências da Saúde – UNICRUZ - cleia@comnet.com.br



Estudos que envolvem a compreensão do padrão de transmissão de características humanas utilizam a análise da expressão deste caráter em indivíduos da população e/ou análise de genealogias (estudos familiares) ou ainda estudo em gêmeos (NUSBAUM et al., 2002). Pouquíssimos estudos foram realizados no Brasil, entre eles Freire-Maia (1961) identificou fatores genéticos associados ao modo de cruzar as mãos com diferenças de gênero. Este padrão de herança relacionado ao modo de cruzar as mãos foi identificado também como um traço hereditário em um estudo em 423 indivíduos de populações africanas demonstrando que a sobreposição do polegar direito ao cruzar as mãos é mais frequente, mas sem diferença significativa entre os sexos (ODOKUMA et al., 2011).

O modo de cruzar as mãos, a capacidade de enrolar a língua, a forma do polegar, a implantação dos cabelos na cabeça e o lóbulo da orelha são exemplos utilizados pelos professores no ensino de genética e citados nos livros didáticos como traços hereditários com padrão de herança autossômica dominante. A falta de evidências e algumas inconsistências encontradas nos livros de genética determinou a necessidade de avaliar algumas características humanas herdadas na população.

Metodologia

A proposta metodológica da pesquisa consistiu em selecionar algumas das principais características utilizadas como exemplos de padrões de herança nos livros didáticos e avaliar o modo de expressão destas em escolares da região.

A amostra populacional consistiu de escolares matriculados na rede pública de ensino presentes na escola no dia da avaliação e que consentiram em participar da pesquisa. Um contato prévio e a autorização da 9ª Coordenadoria de Ensino permitiu o cadastro do projeto no Comitê de Ética em Pesquisa (CEP). Quatro escolas foram convidadas a participar da pesquisa.

Acadêmicos voluntários do Curso de Biomedicina estabeleceram contato com as escolas e foram responsáveis pela coleta de dados. O instrumento para a coleta de dados consistiu em um questionário com questões fechadas, não identificado, que avaliou os seguintes traços hereditários: forma de cruzar os dedos da mão, forma de cruzar os braços, forma do dedo polegar (dedo do caroneiro), lóbulo da orelha, capacidade de enrolar a língua, a forma de implantação dos cabelos na cabeça, sexo e o fato de ser canhoto ou destro. Em razão da dificuldade de avaliar a forma do dedo polegar, foi realizado um registro fotográfico do mesmo.



Os dados coletados foram registrados no programa SPSS e avaliados quanto à frequência geral, frequência de gênero e demais variações nos padrões de herança.

Resultados e Discussões

Das quatro escolas da rede pública do município que participaram da atividade proposta obteve um total de 872 estudantes que consentiram em participar da pesquisa, distribuídos da segunda série do ensino fundamental ao terceiro ano do ensino médio (maior concentração de alunos ficou da 5ª a 8ª série) (52% do Gabriel Miranda e o restante pertencente às demais escolas). Da população total avaliada, 52,2% pertencem ao sexo feminino e 47,8% ao sexo masculino.

Com relação à lateralidade, quando questionados precisaram relatar em qual dos lados apresentavam mais habilidade, identificando-se que 85,3% dos indivíduos se consideram destros enquanto que 12,7 se consideram canhotos. Um pequeno percentual (1,7%) se descreveu como ambidestro ou não conseguiu identificar esta questão. Isso aconteceu mais em alunos da segunda série com idade em torno de 7 (sete) anos, quando se tem dificuldade ainda de se identificar questões de lateralidade.

Na avaliação da característica cruzar as mãos, colocando o dedo direito sobre os demais, foi constatada em 46,4% dos estudantes avaliados, enquanto posicionar o dedo esquerdo na face superior ao cruzar as mãos, foi constatado em 52,4%. Apenas 1% relatou ter dificuldade de identificar este caráter. Da mesma forma, as diferenças não foram significativas no caráter cruzar os braços. Cerca de 49,1% colocam o braço direito na face superior ao cruzar e 50,1% colocam o braço esquerdo. 0,8% afirmou não ter preferência ao cruzar os braços.

A forma do polegar foi apontada por 59,7% como reta e por 40,3% como curva. Esse caráter foi difícil de ser avaliado em razão das diferenças de ângulos no dedo (menos ou mais curvado). Um registro fotográfico vai permitir a posteriori uma avaliação criteriosa. Para o lóbulo da orelha, 49,7 % apresentam o lóbulo preso e 49,9% possuem o lóbulo solto. Apenas um indivíduo de toda a amostra descreveu ter uma orelha de cada tipo.

A implantação dos cabelos na cabeça foi descrita por 62,9% como em linha reta e 37,1% em bico, denominada bico de viúva. Questionados sobre a capacidade de enrolar a língua, 81,8% descreveram serem capazes e 18,9% que não são capazes.

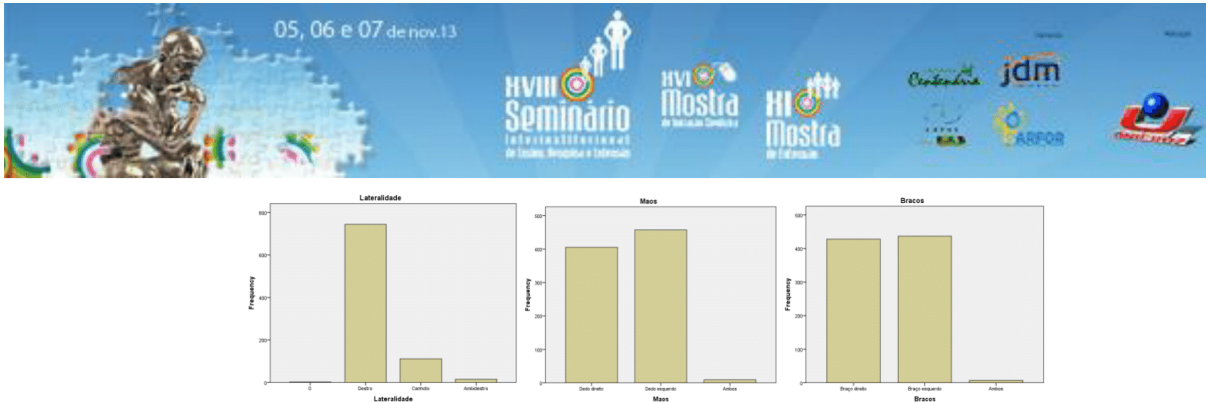


Fig 1.2 e 3 Frequências quanto a lateralidade, sobreposição do dedo ao cruzar as mãos e posição ao dobrar os braços.

A identificação correta dos padrões de herança trabalhados é extremamente importante no ensino de genética e na produção de materiais didáticos coerentes e atualizados. Estas informações podem contribuir na redução do tempo entre a produção do conhecimento e a atualização nos materiais didáticos, descrito por Loreto e Sepel (2003), como um dos grandes problemas no ensino de Biologia. Cabe ressaltar que a proposição deste projeto para as escolas se deve ao fato de permitir socializar melhor os resultados obtidos, visto que estas características independem da idade.

Considerações Finais

A identificação de frequência das características nesta amostra da população permite inferir que implantação dos cabelos na cabeça em linha reta, capacidade de enrolar a língua e ser destro provavelmente sejam decorrentes da ação de um par de genes com efeito dominante, mas com algum efeito ambiental. Nas demais características avaliadas, os resultados sugerem a ação de mais genes e um maior efeito ambiental. Essas questões poder ser mais bem esclarecidas com uma ampliação da amostra e pelo estudo de genealogias.

Referências

- BEIGUELMAN, Bernardo. GENÉTICA DE POPULAÇÕES HUMANAS. Ribeirão Preto: SBG, 2008.
- FREIRE-MAIA, A. Twin data on hand clasping: a reanalysis. *Acta Genet. Statist. Med.* 10: 207-211, 1961.
- LEWIS, Ricki. Genética Humana: conceitos e aplicações. Trad. Paulo Armando Motta. 5.ed. Rio de Janeiro, Guanabara/Koogan, 2004.
- LORETO, Élgion L.S.; SEPEL, Lenira M.N. **A escola na era do DNA e da Genética.** *Ciência e Ambiente* 26, Janeiro/Junho, 2003.
- NUSBAUM, Robert L. et al. THOMPSON & THOMPSON: Genética Médica. Trad. Paulo Armando Motta. Rio de Janeiro: Guanabara/Koogan, 6 ed. 2002.

ODOKUMA, E.I.; OTUAGA, P.O.; OBASEKI, D.E.; EJEBE, D. A study on hand clasping traits in an African population. *Scientific Research and Essays.* Vol. 6 (7), pp. 1692-1693, 4 April, 2011.

APÊNDICE J – OFICINA GENÉTICA NA PRAÇA (CBG)



Genética na Praça 2016

Reconhecimento de padrões de herança de caracteres humanos por meio de investigação e análise estatística

A introdução de caracteres humanos herdados para contextualizar padrões de herança no ensino médio aproxima o cotidiano dos alunos, tornando-o mais interessante, motivador e significativo. Por outro lado, informações equivocadas, com erros, desvios e mesmo simplificações com relação ao padrão de herança destes caracteres podem comprometer o ensino e levar a um descrédito da informação científica. A construção e utilização de um software para identificar estes caracteres entre os colegas ou mesmo na população permite a identificação correta do padrão de herança analisado e estimula a curiosidade científica através da investigação e avaliação estatística dos resultados, possibilitando a discussão de conceitos associados aos padrões de herança como herança monogênica, poligênica e multifatorial.

Objetivos - Reconhecer padrões de herança de caracteres humanos através da investigação e da análise estatística com a utilização de um software.

Caracteres humanos herdados utilizados com maior frequência nos livros didáticos e facilmente identificáveis podem ser utilizados, como:

- lateralidade (destro ou canhoto)
- o polegar que se sobrepõe ao cruzar as mãos (direito ou esquerdo)
- o braço que se sobrepõe ao cruzar os braços (direito ou esquerdo)
- a forma do polegar (ângulo gerado ao alongar o dedo)
- o lóbulo da orelha (preso ou solto)
- a implantação dos cabelos na testa (em bico ou linha frontal reta)
- capacidade de enrolar a língua.

Informações como sexo, data de nascimento, escola, cidade e estado foram inseridas para complementar as informações coletadas.

Teste piloto - entrevistas a 872 alunos, parâmetros para o software.

O questionário disponível em ambiente virtual pode ser acessado em:

<http://pesquisas.unicruz.edu.br/genetica>.

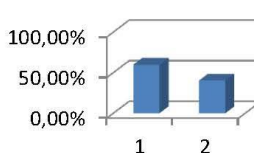
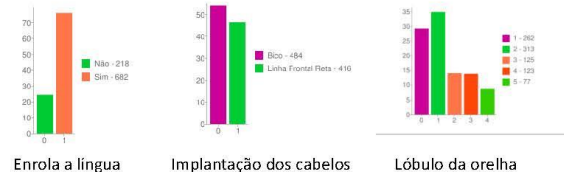
Forma de controle: número de matrícula garante maior confiabilidade estatística.

TCLE foi adaptado e inserido como leitura e confirmação obrigatória de modo a resguardar as questões éticas. O projeto encontra-se registrado no CAAE (20573613.0.0000.5322).

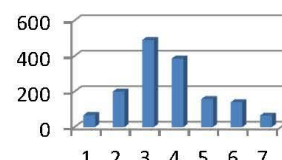
Resultados podem ser visualizados em:

<http://pesquisas.unicruz.edu.br/genetica/relatorio/relatorio%20II.php>.

Processos de investigação e análise são estimulados com esta estratégia de ensino.



Resultados coleta de dados piloto (flexiona ou não o polegar)



Resultados da investigação com escala de flexão do dedo polegar

A organização dos dados no processo de investigação compromete o resultado (flexão do polegar e do lóbulo da orelha)

A disponibilidade dos gráficos permite trabalhar com frequências e demais formas de análise, bem como, inferir o padrão de herança das características utilizadas.

Questões trabalhadas (sugestões):

1. O que os números relativos me dizem sobre o padrão de herança?
2. O que os gráficos e a análise estatística acrescentam na interpretação dos padrões de herança? (dominante X recessiva; continua X descontinua).

Cléia Rosani Baiotto – Universidade de Cruz Alta – Cruz Alta/RS – Brasil
Doutoranda PPGECQVS – UFSM

cbaiotto@unicruz.edu.br

APÊNDICE K – PÔSTER CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA



Universidade de Cruz Alta – Cruz Alta/RS - Brasil

Cléia Rosani Baiotto. Universidade de Cruz Alta. Doutoranda PPGECQVS – UFSM cbaiotto@unicruz.edu.br

Felipe Schneider. Universidade de Cruz Alta

Elgion Lucio da Silva Loreto. Universidade Federal de Santa Maria



Investigação através de software para inserir os alunos nos padrões de herança genéticos.

Introdução

- A utilização de caracteres humanos no ensino dos padrões de herança mendelianos na genética do Ensino Médio tem se ampliado de forma significativa, tendo em vista a necessidade de contextualização e a aproximação do conteúdo ao cotidiano do aluno.
 - Materiais potencialmente significativos
 - Estratégias de ensino
 - Conceitos prévios (observáveis em si mesmo)
- Uma avaliação dos livros do PNLEM/2012 demonstrou que das oito obras disponibilizadas para as escolas, sete se utilizam de caracteres humanos na herança mendeliana com citações bem expressivas e, o que é mais importante, com muitas simplificações e alguns equívocos com relação à descrição do modo de herança do caráter.
- Contextualização + facilidade de acesso as tecnologias → software



Metodologia

- Caracteres humanos herdados utilizados com maior frequência nos livros didáticos e facilmente identificáveis
 - lateralidade (destro ou canhoto)
 - o polegar que se sobrepõe ao cruzar as mãos (direito ou esquerdo)
 - o braço que se sobrepõe ao cruzar os braços (direito ou esquerdo)
 - a forma do polegar (ângulo gerado ao alongar o dedo)
 - o lóbulo da orelha (preso ou solto)
 - a implantação dos cabelos na testa (em bico ou linha frontal reta)
 - capacidade de enrolar a língua.
- Informações como sexo, data de nascimento, escola, cidade e estado foram inseridas para complementar as informações coletadas.
- Teste piloto - entrevistas a 872 alunos, parâmetros para o software.
- O questionário disponível em ambiente virtual pode ser acessado em <http://pesquisas.unicruz.edu.br/genetica>.
- Forma de controle: número de matrícula > confiabilidade estatística.
- TCLE foi adaptado e inserido como leitura e confirmação obrigatória de modo a resguardar as questões éticas. O projeto encontra-se registrado no CAAE (20573613.0.0000.5322).

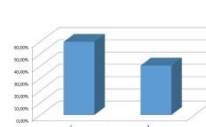
Objetivos

Identificar padrões de herança através de investigação com a utilização de uma ferramenta virtual.

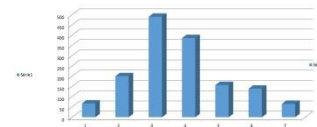
Resultados e Discussão

- Uma amostra de 1.183 alunos pertencentes ao ensino médio de sete escolas e 435 acadêmicos da Universidade responderam ao questionário *on line*.
- A disponibilidade dos gráficos permite trabalhar com frequências e demais formas de análise, bem como, inferir o padrão de herança das características utilizadas.
- Questões trabalhadas:
 - O que os números relativos me dizem sobre o padrão de herança?
 - O que os gráficos e a análise estatística acrescentam na interpretação dos padrões de herança? (dominante X recessiva; contínua X descontínua)
- A organização dos dados no processo de investigação compromete o resultado (flexão do polegar e do lóbulo da orelha) <http://pesquisas.unicruz.edu.br/genetica/relatorio/relatorio%20II.php>.
- Resultados podem ser visualizados em

Resultados coleta de dados piloto (flexiona ou não o polegar)



Resultados da investigação com escala de flexão do dedo polegar



Considerações Finais

- Esta proposta estimula os processos de investigação no ensino de genética e favorece a aprendizagem, utilizando caracteres humanos próximos, garantindo a desejada contextualização do ensino.
- A construção de um ambiente virtual garante
 - Mais precisão nos resultados
 - Rápido e interessante sob o ponto de vista de quem responde
 - Fornecer gráficos (permite distinguir os padrões de herança)

Fonte de financiamento: UNICRUZ/RS - Brasil

Referências

- BAIOTTO, C.B.; SEPEL, L.M.N.; LORETO, E.L.S. Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelha? *Genética na Escola*, v. 11, n. 2, p.286-293, 2016.
- INFANTE-MALACHIAS, M.E.; PADILHA, L.O.de M.; WELLER, M.; SANTOS, S. Comprehension of basic genetic concepts by Brazilian undergraduate students. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, n. 3, p. 657-668, 2010.
- NETO, D.S.; KAWASAKI, C.S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. *Ciência & Educação*, v.17, n.1, p.35-50, 2011.
- KLATAU-GUIMARÃES, M.de N.; PRATA, S.G.; OLIVEIRA, S.F. Herança monogênica: além de Mendel, além do DNA. *Genética na Escola*, v. 9, n. 2, 2014.
- KINPELS, M.C.P.; WARRUD, A.J.; SIDERMAN, K. Design Criteria for Learning and Teaching Genetics. *Journal of Biological Education*, v. 39, n. 3, p.108-112, 2005.
- MOREIRA, M.A. *Teorias de Aprendizagem*. 2.ed. São Paulo: E.P.U., 2011.
- REDS, M. The genetics of hand-clapping: a review and a familial study. *Ann Hum Biol*, Jan-Feb, v. 25, n. 1, p.39-48, 1999.
- SHAW, K. R. M.; VAN-HORNE, K.; ZHANG, H.; BOUGHMAN, J. Essay content reveals misconceptions of high school students in genetics content. *Genetics*, v. 178, p. 1157-1168, 2008.
- SCHIED, N. M.; FERRARI, N. A história da ciência como aliada no ensino de genética. *Genética na Escola*, Ribeirão Preto, v. 1, n. 1, p. 17-18, 2006.
- SMITH, M.K.; KNIGHT, J.K. Using the genetics concept assessment to document persistent conceptual difficulties in undergraduate genetics courses. *Genetics*, v. 151, n. 1, p.21-32, 2012.

APÊNDICE L – PÔSTER PROFESSORES I EREC



I ENCONTRO REGIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS

30 A 31 DE MARÇO DE 2017
SANTA MARIA, RS

Programa de Pós-Graduação
Educação em Ciências
UFSM

INVESTIGAÇÃO X TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO – UMA EXPERIÊNCIA NO ENSINO DE BIOLOGIA

BAIOTTO, Cléia Rosani ⁽¹⁾, PERAZOLLO, Cristina da Silva⁽²⁾, RITTER, Nerci de Souza ⁽²⁾, LORETO, Elgion Lucio da Silva ⁽³⁾

¹ Professora; Universidade de Cruz Alta, RS; Doutoranda Educação em Ciências, UFSM; cbaiotto@unicruz.edu.br

² Professora, Rede Estadual de Ensino, Cruz Alta, RS.

³ Orientador; Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências.

INTRODUÇÃO

A utilização de caracteres humanos no ensino dos padrões de herança mendelianos na genética do Ensino Médio tem se ampliado consideravelmente, tendo em vista a necessidade de contextualização com a aproximação do conteúdo ao cotidiano do aluno.

- Materiais potencialmente significativos
- Estratégias de ensino
- Conceitos prévios (observáveis em si mesmo)

Motivação para aprender
Aprendizagem significativa

Contextualização + Tecnologias (software) + Investigação

Relato de experiência que utiliza como estratégia de ensino a construção de conceitos a partir da investigação com a utilização de uma ferramenta virtual.

METODOLOGIA

- Caracteres humanos herdados utilizados com maior frequência nos livros didáticos e facilmente identificáveis (lateralidade, o polegar que se sobrepõe ao cruzar as mãos, o braço que se sobrepõe ao cruzar, forma do polegar, lóbulo da orelha, implantação dos cabelos na testa e capacidade de enrolar a língua)
- Investigação – questionário (ambiente virtual) <http://pesquisas.unicruz.edu.br/genetica>
- TCLE inserido no software, projeto encontra-se registrado no CAAE (20573613.0.0000.5322).
- Alunos de uma turma do terceiro ano do Ensino Médio
 - Identificar entre os colegas as características escolhidas
 - Verificar quais as características mais comuns e as diferenças encontradas e variabilidade genética
 - Estabelecimento de categorias de análise
 - Pesquisa com a coleta de dados da turma e da escola
 - Análise dos dados, construção de gráficos e de conceitos associados ao tema proposto
- Questões norteadoras para o estudo dos padrões de herança dos caracteres humanos:
 1. O que os números relativos me dizem sobre o padrão de herança?
 2. O que os gráficos e a análise estatística acrescentam na interpretação dos padrões de herança?

RESULTADOS E DISCUSSÕES

- Alunos do terceiro ano do Ensino Médio, na disciplina de Biologia
- Interesse e curiosidade – constantes no processo de investigação e na análise dos resultados
- Ambiente virtual amplia motivação e gera impacto significativo na aprendizagem
- Disponibilidade de gráficos com resultados gerais no software oportuniza comparação de resultados com outras escolas e com dados do município
- Construção de conceitos a partir das informações coletadas no processo de investigação
- Conceitos apropriados e significativos
- Necessário capacitação do professor frente a novas estratégias e tecnologias de ensino (abordagem pedagógica impressa pelo professor faz a diferença)



CONCLUSÃO

- O uso de TICs no processo de investigação garante mais precisão nos resultados; retorno mais rápido e interessante sob o ponto de vista de quem responde e, fornece gráficos permitindo distinguir os padrões de herança.
- A construção do ambiente virtual como forma de investigação dos caracteres humanos herdados aumentam a interação dentro da sala de aula, desenvolvem a socialização aluno/aluno e professor/aluno e propiciam um aprendizado colaborativo e significativo embasado na construção dos seus próprios conceitos.



REFERÊNCIAS

- BAIOTTO, C.R.; SEPEL, L.M.N.; LORETO, E.L.S. Para ensinar genética mendeliana: ervilhas ou lóbulos de orelha? *Genética na Escola*, v. 11 n.2, p.286-293, 2016.
- BAIOTTO, C.R.; PERAZOLLO, C.S.; SILVA, A.S.; RITTER, N.S.; SILVA, S.M.; PAZ, D.T. PIBID/Biologia - um laboratório para desenvolvimento de atividades práticas experimentais. In: ALVES, C.R.S.T. (Org.), *Intencionalidade da ação docente: desafios necessários à formação de professores através do PIBID*. 1ed. Curitiba: CRV, 2016, p. 125-132.
- FERREIRA, V.F. As tecnologias interativas no ensino. *Química Nova*, n. 21, v. 6, 1998.
- INFANTE-MALACHIAS, M.E.; PADILHA, I.Q.de M.; WELLER, M.; SANTOS, S. Comprehension of basic genetic concepts by Brazilian undergraduate students. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 9, n. 3, p. 657-668, 2010.
- KATO, D.S.; KAWASAKI, C.S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. *Ciência & Educação*, v.17, n.1, p. 35-50, 2011.
- KNIPPELS, M.C.P.; WAARLO, A.J.; BOERSMA, K. Design Criteria for Learning and Teaching Genetics. *Journal of Biological Education*, v. 39, n. 3, p.108-112, 2005.
- LORETO, E.L.S.; SEPEL, L.M.N. A escola na era do DNA e da Genética. *Ciência e Ambiente*, 26, Janeiro/Junho, 2003.
- NOVAK, Joseph D. Uma teoria de educação: aprendizagem significativa subjacente à integração construtiva de pensamentos, sentimentos e ações levando ao empoderamento para compromisso e responsabilidade. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review* – v. 1(2), p. 1-14, 2011.

APÊNDICE M – ARTIGO “MUTAÇÕES E CÂNCER (RGE)”

MATERIAIS DIDÁTICOS

Simulando a relação entre mutação e câncer na sala de aula

Cléia Rosani Baiotto^{1,3}, Elgjon L. S. Loreto^{2,3}

¹ Universidade de Cruz Alta, Centro de Ciências da Saúde e Agrárias, Cruz Alta, RS.

² Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, CCNE, Universidade Federal de Santa Maria, RS.

³ PPG Educação em Ciências, Química da Vida e Saúde, Universidade Federal de Santa Maria, RS.

Autor para correspondência: cbaiotto@unicruz.edu.br

Este artigo relata uma atividade didática envolvendo a participação ativa dos alunos, em que alguns jogam bolinhas de papel para serem depositadas em forminhas de papel e outros têm a incumbência de retirar estas bolinhas das forminhas. Uma analogia é proposta entre as mutações (presença de bolinhas nas formas) e o sistema de reparo (retirada das bolinhas). A atividade permite discutir sobre mutações e agentes mutagênicos, oncogênes, genes supressores de tumor e outros temas correlatos.

MATERIAIS DIDÁTICOS

Genética e neoplasias constitui um dos temas trabalhados na disciplina de Genética dos cursos de graduação em qualquer área da saúde. A necessidade de estabelecer uma associação entre os temas abordados pelo programa e questões relativas a fatores ambientais, diagnóstico precoce e prevenção do câncer de uma forma mais dinâmica foi determinante na elaboração e no desenvolvimento desta proposta.

O entendimento do câncer como um acúmulo de mutações e, na maioria dos casos, como um exemplo de predisponibilidade genética a agentes endógenos e exógenos, implica em compreender a importância das mutações neste contexto e os fatores ambientais atrelados a estas alterações genéticas (mais informações no quadro 1). Estas considerações somadas à elevada incidência do câncer de pele na região centro-oeste do Rio Grande do Sul norteou a escolha deste tipo de câncer especificamente, como fator ambiental desencadeante, apontou-se na atividade didática a luz ultravioleta, agente com potencial mutagênico, com um maior risco nesta área devido aos buracos na camada de ozônio.

Na atividade descrita, em uma das situações, o gene supressor de tumor P53 é herdado na condição heterozigota. A escolha do p53 se deve ao seu importante papel como supressor de tumor, uma vez que, dentre suas diversas funções, participa da sinalização de danos ao DNA, sejam esses causados por agentes endógenos ou exógenos, como os causados pela exposição a luz UV, agindo no desenvolvimento de diferentes tipos de neoplasias. Uma discussão deste tema propicia pesquisas interessantes ligadas à epigenética (destacadas no volume 10,1 da Revista Genética na Escola) e outras formas de neoplasias associadas a alterações neste gene.

Silveira e colaboradores, no Congresso de Genética de 2002, na atividade denominada Genética na Praça, apresentaram uma proposta sugerindo a utilização de uma “piscina de bolinhas” para trabalhar as mutações associadas ao desenvolvimento do câncer. Cabe destacar que a atividade aqui descrita inova e amplia a perspectiva de trabalho com o tema a partir da utilização de estruturas simples em etil vinil acetato (EVA), de boli-

nhas de papel e da inserção dos genes relacionados ao desenvolvimento dos tumores, bem como, da inclusão de mutações herdadas a fim de se estabelecer uma avaliação das diferenças entre a forma herdada e esporádica quanto ao desenvolvimento, cuidado e prevenção.

Assim, esta atividade tem por objetivo identificar fatores relacionados ao desenvolvimento do câncer; diferenciar mutações herdadas e adquiridas e compreender a participação dos genes e dos fatores ambientais no desenvolvimento do câncer. Nesta perspectiva, diferentes conceitos podem ser trabalhados, entre eles, mutação, genes supressores de tumor, oncogenes, alelos, fatores hereditários e fatores ambientais, sistema de reparo de DNA e questões relativas à prevenção de neoplasias.

MATERIAL

- ♦ Quatro folhas de EVA para cada situação estabelecida (I- sem mutações herdadas; II- com mutação herdada no gene P53). Cada folha representa simbolicamente um núcleo de uma célula somática.
- ♦ Forminhas de papel (tamanho cupcake) coladas em toda a extensão da folha de EVA e viradas para cima representando simbolicamente os genes encontrados no núcleo destas células.
- ♦ Pequenas fichas representando os principais genes supressores de tumor e os oncogenes colados no interior das forminhas.
- ♦ Bolinhas de papel representando os fatores ambientais, neste caso, a radiação ultravioleta (50 ou mais bolinhas por grupo).
- ♦ Quatro a seis alunos por atividade representando o sistema de reparo e os demais para lançar as bolinhas de papel.

DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE

Para a aplicação da atividade, sugere-se trabalhar com turmas com uma média de vinte alunos. Em turmas maiores, recomenda-se duplicar o material e desenvolver a propos-

ta em dois grandes grupos. O professor deve providenciar com antecedência as bolinhas de papel, as folhas de EVA com as forminhas de papel, as folhas de EVA com as forminhas e a identificação dos genes (Figura 1). Como

as bolinhas de papel representam os fatores ambientais – radiação ultravioleta - estabelecer um número fixo facilita a análise estatística.



Figura 1.
Forminhas de papel representando os genes (com as bolinhas de papel).

A representação dos principais oncogenes e genes supressores de tumor em cores diferentes agiliza o processo de identificação (Figura 2). Uma busca prévia por parte dos alunos com relação aos principais genes associados ao desenvolvimento do câncer pode estimular a atividade; se desenvolvida

posteriormente, favorece a investigação de como estes genes contribuem no desenvolvimento dos tumores e com quais tumores estão mais associados. O conceito de alelo também é reforçado no momento de se identificar os pares de genes a serem colados nas forminhas.

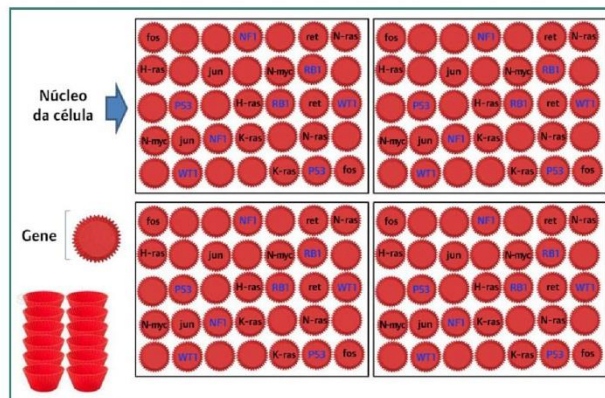


Figura 2.
Representação simbólica de núcleos celulares contendo sugestões de oncogenes e genes supressores de tumor.

O sistema de reparo de DNA é representado pelos alunos (Figura 3) que constituem uma barreira com o corpo e os seus braços. É interessante aprofundar neste momento quais são e como agem genes associados ao sistema de reparo, que é constituído por diversas vias e conta também com proteínas que realizam reparo direto, sugerindo inclu-

sive outras perspectivas de pesquisa como a estimativa do número de mutações reparadas por minuto no ser humano e doenças específicas relacionadas a defeito no reparo como o Xeroderma pigmentoso. Sugere-se também trabalhar com o documentário “Sol Inimigo – o drama do povo no Recanto das Araras” (<http://solinimigo.blogspot>).

MATERIAIS DIDÁTICOS

com.br/p/documentario.html). Os demais alunos acionam os agentes ambientais mutagênicos (neste caso, radiação ultravioleta, jogando as bolinhas de papel). É importante que se trabalhe com um pequeno tempo de exposição inicialmente e que pode ser variado ao longo da atividade. Outra possi-

bilidade é variar a intensidade da luz UV, atirando mais ou menos bolinhas por um tempo definido, e assim exemplificando o efeito do buraco na camada de ozônio e também a diferença de incidência de luz UV nas diferentes latitudes e altitudes do globo terrestre.



Figura 3.
Desenvolvimento da atividade por alunos da graduação.

Ao final de cada rodada é importante fazer o registro das mutações, dos fatores ambientais e do trabalho do sistema de reparo (Tabela 1). O registro permite estabelecer as correlações propostas na atividade.

Partindo do pressuposto de que uma célula precisa de “no mínimo” duas mutações em um gene supressor de tumor e uma muta-

ção em um oncogene, a atividade se encerra quando a célula acumula em seu núcleo estas mutações. Cabe ao professor, após a atividade, trabalhar de modo a identificar que o desenvolvimento do câncer pode exigir um número variável de mutações, dependendo dos genes afetados e do cenário fisiológico, e que esta é uma forma simplificada de entender o tema proposto.

Rodada	Incidência de fatores mutagênicos	Fatores mutagênicos efetivos (n°)	Condições da maquinaria de reparo

Tabela 1.
Sem fatores hereditários associados.

Encerrada a primeira etapa, inicia um segundo ciclo de rodadas, agora com uma mutação prévia em um gene supressor de tumor em todas as células (sugere-se o P53, em razão da amplitude de ação deste gene). Desenvolvem-se todas as rodadas até completar o processo necessário para o início do tumor e da mesma forma registram-se todas as informações (Tabela 2).

O registro favorece a compreensão, a discussão e a comparação entre as situações propostas - com a presença e sem alterações herdadas. A incidência de fatores mutagênicos corresponde ao número de bolinhas jogado pelos alunos; os fatores mutagênicos efetivos ao número de genes atingidos pelas bolinhas

e as condições da maquinaria de reparo às bolinhas que foram eliminadas pelos alunos que representam o sistema de reparo. Neste momento, cabe ao professor contextualizar a analogia da retirada das bolinhas dos “núcleos” e a eficiência do sistema de reparo. O reparo atua nas lesões no DNA geradas, nesse caso, pela luz UV. Quanto mais rápida for a remoção das bolinhas, menos lesões ficarão nas células, lesões estas que podem ser de mutações (alterações nos genes) ou citotóxicas (morte das células). O professor pode, neste momento, discutir sobre outros fatores de proteção como a melanina, no caso da radiação UV, e a importância dos protetores solares e os antioxidantes.

Tabela II.
Com mutação herdada no gene P53.

Rodada	Incidência de fatores mutagênicos	Fatores mutagênicos efetivos (n°)	Condições da maquinaria de reparo

Depois registram-se todos os dados e comparam-se as tabelas. Algumas questões são sugeridas no sentido de nortear a discussão (Quadro 2).

CONSIDERAÇÕES

A escolha do câncer de pele e da radiação ultravioleta da exposição ao sol como fator ambiental decorre da elevada incidência desta neoplasia na região, do percentual de pessoas com pele clara decorrente da colonização, da necessidade de programas de prevenção e também da facilidade de associar a chuva de bolinhas com a radiação. Cabe destacar que a atividade se aplica a outras formas de neoplasias, adequando-se apenas o fator pre-disponente.

Além dos conceitos já identificados, outros também podem ser trabalhados na proposta de forma indireta como, por exemplo, os de gene recessivo e dominante quando se estabelece que um gene supressor de tumor

possui geralmente um padrão de herança recessivo e que a alteração da atividade, diminuição ou ausência da expressão da proteína, está associada a ocorrência de duas mutações neste mesmo gene, nesse caso de herança.

Algumas variáveis já são contempladas na tabela, mas é possível ainda fazer outras alterações de modo a favorecer a discussão e responder aos questionamentos propostos. A incidência dos fatores mutagênicos pode ser alterada (maior ou menor número de bolinhas ou ainda maior tempo de exposição). O trabalho do sistema de reparo também pode ser modificado demonstrando a possibilidade de modificações no sistema de reparo (uma mão, duas mãos ou redução e/ou ampliação do número de alunos).

Observações importantes com relação à necessidade de trabalhar as diferenças entre mutações herdadas e adquiridas versus tempo para desenvolvimento dos tumores levou a duplicação do material e a elabora-

MATERIAIS DIDÁTICOS

ção de processos de avaliação estatística com o uso de tabelas e avaliação escrita, através de questões pré-estabelecidas que facilitem a compreensão da atividade proposta. Entretanto, cabe ao professor a escolha em utilizar as duas tabelas e a forma de avaliação proposta.

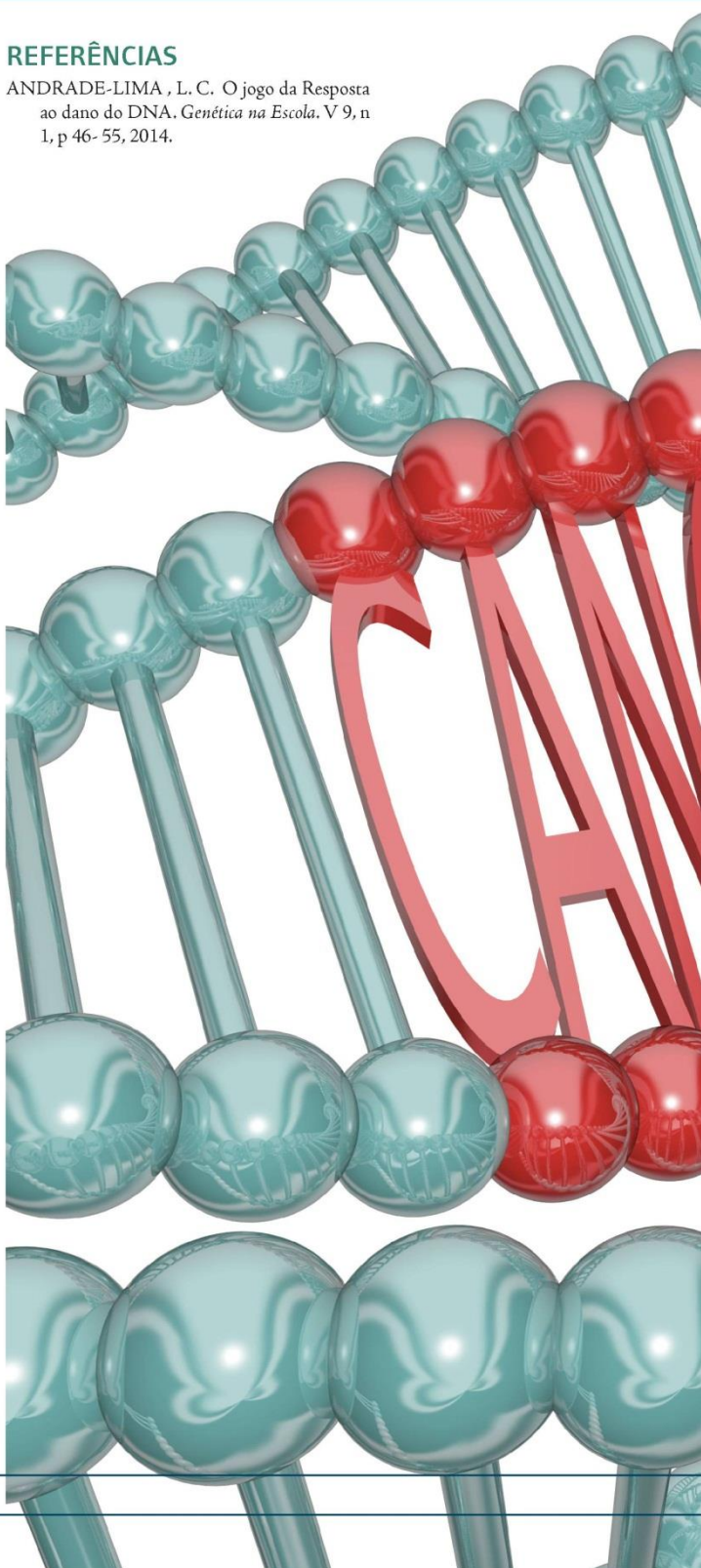
No caso de seguir a sequência recomendada, sugere-se trabalhar primeiro com a tabela 1, na qual nenhuma mutação pré-existente se observa nos genes de câncer listados e depois entrar com a perspectiva de uma mutação pré-existente em todas as células representadas. Esta sequência favorece o entendimento de mutação herdada e o fato de ela estar presente em todas as células possibilitando a aceleração do processo de desenvolvimento do tumor, bem como o fato de que diferentes neoplasias podem estar associadas à presença de mutações em um mesmo gene. Complementa esta discussão, a proposta apresentada por Andrade (ANDRADE-LIMA, 2014) que propõe uma atividade lúdica que permite identificar os caminhos pelos quais a célula segue após a ocorrência de mudanças em seu DNA, demonstrando que nem todas as mudanças nos genes determinam um fenótipo mutante celular.

A atividade didática aqui proposta pode introduzir ou complementar os temas “câncer” e “mutação”, tendo em vista que os conceitos podem ser trabalhados de forma concomitante. Anos de observação permitem a afirmação de que introduzir o conteúdo sob esta abordagem provoca uma empatia pelo assunto, gera discussão e interesse, ampliando as perspectivas de trabalho com o tema, além de atingir o objetivo de alertar para os efeitos da radiação solar, demonstrando que o fator idade e tempo de exposição tem efeito sensível no desenvolvimento do câncer.

Diferentes públicos são beneficiados com esta atividade com a opção de utilizar e/ou reestruturar as questões sugeridas. Em cursos de graduação, a discussão deve ser ampliada na identificação e no modo de ação dos genes envolvidos. No ensino médio sugere-se o desenvolvimento da atividade sem a tabela, mas com foco no tempo e na intensidade dos fatores ambientais e na prevenção com relação aos fatores de risco do câncer.

REFERÊNCIAS

ANDRADE-LIMA, L. C. O jogo da Resposta ao dano do DNA. *Genética na Escola*. V 9, n 1, p 46- 55, 2014.



Quadro 1

O ciclo de vida das células e a diferenciação celular obedecem a um controle genético expresso através de sinais bioquímicos. A perda deste controle e todas as suas manifestações patológicas caracterizam o desenvolvimento do câncer. Mutações em genes relacionados a qualquer uma das etapas relacionadas ao ciclo celular podem consequentemente desencadear a formação do tumor. O acúmulo de mutações em uma linhagem celular pode resultar em alterações no ciclo celular.

Consequentemente, a base primária da carcinogênese está relacionada ao acúmulo de mutações, cuja frequência e consequência podem ser alteradas por fatores ambientais. Os genes associados ao desenvolvimento do câncer podem ser agrupados de forma didática e de acordo com o seu papel no crescimento e diferenciação celular em oncogenes, genes supressores de tumor e genes do sistema de reparo. O câncer como uma doença genética, mutações, fatores de risco e relacionados ao diagnóstico precoce podem ser trabalhados utilizando-se mais informações disponíveis em:

BORGES-OSÓRIO, M. R.; ROBINSON, W. M. *Genética Humana*. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

GUEMBAROVSKI, R. L.; COLLUS, I. M. S. Câncer: uma doença genética. *Genética na Escola*, Ribeirão Preto, v. 3, n. 1, p. 4-7, 2008.

LOURO, I. D.; LERENA, Jr J. C.; MELO, MSV, ASHTON-PROLLA, P, CONFORTI-FROES, N. *Genética Molecular do Câncer*. São Paulo: MSG; 2002. 275p.

MARTINEZ, M.A.R. et al. Genética molecular aplicada ao câncer cutâneo não melanoma. *An. Bras. Dermatol.* [online]. 2006, vol.81, n.5, p. 405-419.

STRACHAN, T.; READ, A. Trad. Alessandra Brochier Marasini. *Genética do Câncer*. In: STRACHAN, T.; READ, A. *Genética Molecular Humana*. 4ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p 539-570.

Quadro 2

1. Há diferença no número de rodadas necessárias para estabelecimento do câncer entre as duas situações acima representadas? Justifique.
2. O que se observa com as situações abaixo:
 - a) Aumento dos fatores ambientais (maior número de bolinhas de papel disponíveis)?
 - b) Redução da atividade do sistema de reparo (menor número de indivíduos ou de mãos)?
3. De que forma o fator idade interfere no desenvolvimento do câncer?
4. Que relações podemos estabelecer entre os fatores ambientais e o desenvolvimento do câncer?
5. Com relação ao observado é possível trabalhar numa perspectiva de prevenção ao desenvolvimento.