

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA GERAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ESTUDO DAS CONCEPÇÕES DE LICENCIANDOS
DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS SOBRE
A RELAÇÃO DE DOMINÂNCIA E RECESSIVIDADE.**

CANDIDATA : RENATA FIGUEIREDO HADDDAD

ORIENTADORA: ADLANE VILAS-BOAS FERREIRA

COORIENTADORA: MARINA DE LIMA TAVARES

BELO HORIZONTE

Julho de 2019

Renata Figueiredo Haddad

**ESTUDO DAS CONCEPÇÕES DE LICENCIANDOS
DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS SOBRE
A RELAÇÃO DE DOMINÂNCIA E RECESSIVIDADE.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Genética do Departamento de Biologia Geral do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética.

Orientadora: Dra. Adlane Vilas-Boas Ferreira
Coorientadora: Dra. Marina de Lima Tavares
Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte
2019

043

Haddad, Renata Figueiredo.

Estudo das concepções de licenciandos de Ciências Biológicas sobre a relação de dominância e recessividade [manuscrito] / Renata Figueiredo Haddad. – 2019.
92 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientadora: Dra. Adlane Vilas-Boas Ferreira. Coorientadora: Dra. Marina de Lima Tavares.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Genética.

1. Genética. 2. Educação superior. 3. Concepção. I. Ferreira, Adlane Vilas-Boas. II. Tavares, Marina de Lima. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. IV. Título

CDU: 575

Ficha catalográfica elaborada por Fabiane C. M. Reis – CRB: 6/2680



Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Genética

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Renata Figueiredo Haddad

288/2019
entrada
2º/2017
CPF:
076.410.176-57

Às quatorze horas e trinta minutos do dia **29 de julho de 2019**, reuniu-se, no Instituto de Ciências Biológicas da UFMG, a Comissão Examinadora de Dissertação, indicada pelo Colegiado do Programa, para julgar, em exame final, o trabalho intitulado: "**Estudo das Concepções de Licenciandos de Ciências Biológicas sobre a Relação de Dominância e Recessividade**", requisito para obtenção do grau de Mestre em **Genética**. Abrindo a sessão, a Presidente da Comissão, **Dra. Adlane Vilas-Boas Ferreira**, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra à candidata, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos Examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição de resultado final. Foram atribuídas as seguintes indicações:

Prof./Pesq.	Instituição	CPF	Indicação
Dra. Adlane Vilas-Boas Ferreira	UFMG	623 387306-15	Aprovada
Dra. Marta Svartman	UFMG	101 78 7258-97	APROVADA
Dra. Raffaella Cardoso Ribeiro	Instituto de Educação de Minas Gerais	073.556.826-01	Aprovada

Pelas indicações, a candidata foi considerada: _____
O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pela Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, a Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora.
Belo Horizonte, 29 de julho de 2019.

Dra. Adlane Vilas-Boas Ferreira - Orientadora
Dra. Marta Svartman
Dra. Raffaella Cardoso Ribeiro



Pós-Graduação em Genética
Departamento de Biologia Geral, ICB
Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6627 - C.P. 486 - Pampulha - 31270-901 - Belo Horizonte - MG
e-mail: pg-gen@icb.ufmg.br FAX: (+31) - 3409-2570




**"Estudo das Concepções de Licenciandos de Ciências Biológicas sobre
a Relação de Dominância e Recessividade"**

Renata Figueiredo Haddad

Dissertação aprovada pela banca examinadora constituída pelos Professores:


Prof. Adlane Vilas-Boas Ferreira - Orientadora
UFMG


Marta Svartman
UFMG


Raffaella Cardoso Ribeiro
Instituto de Educação de Minas Gerais

Belo Horizonte, 29 de julho de 2019.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais Kalil e Maria Cecília Haddad por terem me encorajado a estudar para a seleção do mestrado em Genética.

À minha irmã Patrícia Haddad, por me apoiar nos momentos mais tenebrosos do mestrado e me tirar do cansaço indo no cinema comigo ver filmes de terror ruins e engraçados.

Às minhas amigas Bruna Cambraia e Daniella Lima por me apoiarem e entenderem a minha ausência nos “rolês”.

Ao professor Gustavo Kuhn, por ter ministrado uma disciplina maravilhosa no mestrado, e por isso, me fazer gostar de genética e tentar ingressar no programa, e também por sempre me estender a mão quando eu precisei.

À professora Adriana Abalen, por ter me acolhido nos primeiros meses quando passei no mestrado. Foi um período no qual eu aprendi diversas técnicas laboratoriais e também com os ensinamentos da Adriana que me fizeram refletir sobre muita coisa .

À Flávia Santiago por ter sido minha “mãezinha” quando era mestranda da Adriana. Graças a ela aprendi muitos procedimentos do laboratório, além dela ter sido uma companhia muito divertida, até nos momentos mais tensos dos trabalhos em grupo no mestrado.

Ao meu colega de trabalho Luís Guerra que foi um grande amigo durante o mestrado e que me apoiou durante o processo.

À Rafaella Cardoso que foi uma das peças chave para que este trabalho pudesse ser construído.

À minha coorientadora Marina Tavares que foi de grande ajuda para este trabalho. Graças a ela eu pude encontrar o caminho de como seria construída a pesquisa. Agradeço também por ela ser uma pessoa calma e de bom diálogo, acho que isso ajudou muito no processo.

À minha orientadora Adlane Vilas-Boas por ter me dado bons conselhos, por ter tido paciência em corrigir meus erros de gramática, além de ter sido meu braço direito na construção deste trabalho. Agradeço a Adlane por ser uma pessoa que acolhe novas ideias e por ter um diálogo construtivo, e por isso me fazer refletir sobre diversas coisas durante o curso.

E à CAPES por ter me concedido uma bolsa de estudo, e por isso, me ajudar a concluir o mestrado.

RESUMO

A pesquisa apresentada neste trabalho teve o intuito de investigar as concepções de estudantes do ensino superior sobre a dominância e recessividade, e relacionar com a construção do conhecimento em genética dos estudantes. O público-alvo foi licenciandos do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais e a metodologia incluiu análises de um exercício discursivo e de dois questionários sobre a interação alélica de dominância e recessividade relacionada a processos moleculares. Foi também feita uma análise de dois livros didáticos indicados na bibliografia das disciplinas básicas de Genética do curso com o intuito de se verificar como o conteúdo introdutório de dominância e recessividade. Por meio de análises quantitativa e qualitativa - análise textual discursiva - observou-se que os estudantes tiveram dificuldade em compreender a expressão de alelos recessivos. As explicações mais encontradas para a dominância nos questionários foram: “alelo dominante inibe o alelo recessivo”, “alelo recessivo não produz produtos” e “alelo recessivo produz em baixa quantidade”. Os estudantes que mostraram entender sobre os conceitos moleculares relacionados com a interação alélica, como transcrição, tradução, produção de proteínas e diferenças estruturais dos alelos, explicaram que o alelo recessivo é transcrito. Todavia muitos estudantes descreveram que o alelo não é traduzido ou codifica proteínas em quantidades baixas. Já outros estudantes não conseguiram, por exemplo, explicar com detalhes as etapas da transcrição e tradução, tendendo a explicar que o alelo dominante inibe o recessivo. Os livros didáticos analisados apresentaram a herança mendeliana e os conceitos de dominância e recessividade sem ênfase na contextualização moderna da biologia molecular. Além disso, observou-se que palavras como “suprimido” e “mascarado” são usadas para a explicação dos termos dominante e recessivo no fenótipo em um contexto que pode trazer confusão sobre o conceito de dominância e recessividade, levando leitores a interpretarem que o alelo dominante inibe o alelo recessivo. Ainda que tenham sido notados trechos com exemplos de doenças ao nível molecular em capítulos posteriores, os capítulos que tratam da biologia molecular não fazem reflexão sobre a expressão gênica levando em consideração a interação alélica dos modelos diploides. Uma das principais conclusões deste estudo é que este tema deve ser de interesse para o professor de genética do ensino superior que ao estar atento a lecionar este conteúdo relacionando os temas de transcrição, tradução, poderia colaborar para que o estudante entendesse o conteúdo de forma integral e conexa.

Palavras-chave: dominância e recessividade; ensino de genética; concepções dos estudantes.

ABSTRACT

The research presented in this paper aimed to investigate the conceptions of students of higher education on dominance and recessivity, and relate to the construction of knowledge in genetics in this group. The target audience was graduates of the course of Biological Sciences of the Federal University of Minas Gerais and the methodology included analyzes of a discursive exercise and two questionnaires on the allelic interaction of dominance and recessivity related to molecular processes. An analysis was also made of two didactic books indicated in the bibliography of the basic subjects of Genetics of the course in order to verify how the introductory content of dominance and recessivity is presented. Through quantitative and qualitative analysis - discursive textual analysis - it was observed that the students had difficulty to understand about the expression of recessive alleles. The most common explanations for dominance in the questionnaires were: "dominant allele inhibits the recessive allele," "recessive allele produces no products," and "recessive allele produces low numbers." Students who have shown understanding about molecular concepts related to allelic interaction, such as transcription, translation, protein production and structural differences of alleles, have explained that the recessive allele is transcribed. But many students went wrong by pointing out that the allele is not translated or encodes proteins in low amounts. Other students, for example, have not been able to explain in detail the stages of transcription and translation, tending to explain that the dominant allele inhibits the recessive. The textbooks analyzed presented the Mendelian inheritance and the concepts of dominance and recessivity with no emphasis on the modern contextualization of molecular biology. In addition, it was seen that words such as "suppressed" and "masked" are used to explain the dominant and recessive terms in the phenotype in a context that may bring confusion about the concept of dominance and recessivity, leading readers to interpret that the dominant allele inhibits the recessive allele. Although there have been excerpts from examples of diseases at the molecular level in later chapters, the chapters dealing with molecular biology do not reflect on gene expression taking into account the allelic interaction of diploid models. One of the main conclusions of this study is that this topic should be of interest to the professor of genetics of higher education who, by being attentive to teaching this content relating the themes of transcription, translation, could collaborate so that the student understood the content of integral form and connected.

Keywords: dominance and recessivity; higher education; student`s conceptions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho completo do item a da parte 2 do questionário 2 para os pares A/A, A/a e a/a.....	27
Figura 2 – Exemplo de resposta da categoria 1 para o item a da questão 1.....	37
Figura 3 – Exemplo de resposta da categoria 1 para o item d da questão 1.....	38
Figura 4 – Exemplo de respostas da categoria 1 do item e feita pelo estudante D06. Nela pode-se observar a ideia que o alelo dominante “inibe” o alelo recessivo.....	38
Figura 5 – Resposta da categoria 2 do item d feita pelo estudante D02.....	39
Figura 6 - Respostas da categoria 2 da questão 2 feitas pelo aluno D07.....	40
Figura 7 - Resposta da categoria 2 da questão 1 do item e feita pelo aluno D07.....	40
Figura 8 – Resposta da categoria 2 da questão 2 do estudante D02, o círculo azul indica ausência do desenho ou esquema da enzima tirosinase interagindo com a proteína formada pela fita de RNAm.....	42
Figura 9 – Resposta da categoria 3 da questão 2, feita pelo aluno D04.....	43
Figura 10 - Resposta da categoria 3 do item e do aluno D04.....	44
Figura 11 – Resposta da categoria 3 do item d da questão 1 feita pelo aluno D09.....	45
Figura 12 – Resposta da categoria 3 da questão 2 feita pelo aluno D09.....	46
Figura 13 – Resposta da categoria 1 do estudante E04 do item a da parte 2.....	52
Figura 14 – Resposta da categoria 2 do estudante E16 do item a da parte 2.....	54
Figura 15 – Resposta da categoria 2 do estudante E12 do item a da parte 2.....	55
Figura 16 – Resposta da categoria 4 do estudante E09 do item a da parte 2.....	57
Figura 17 – Resposta da categoria 4 do estudante E05 do item a da parte 2.....	58
Figura 18 - Resposta da categoria 4 do estudante E07 para o item a da parte 2.....	59
Figura 19– Resposta da categoria 5 do estudante E03 do item a da parte 2.....	61
Figura 20 – Trecho do capítulo 2 “Herança Monogênica” do livro “Introdução à genética” página 35.....	64
Figura 21 – Gravura do capítulo 2 “Herança Monogênica” do livro “Introdução à Genética”, página 39.....	66
Figura 22– Gravura do capítulo 6 “Interação gênica” do livro “Introdução à Genética”.....	68
Figura 23 – Ilustração sobre interações gênicas tipo epistasia do capítulo 5 “Extensões e modificações dos princípios básicos” do livro “Genética - Um enfoque conceitual”.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Erros e acertos das respostas dos estudantes para os itens c (parte 1) e itens b e a (parte 2). (-) indica que a resposta não foi satisfatória e (+) que foi acerto	50
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Livros utilizados como referência para a criação da “resposta base”	21
Quadro 2 – Lista de tópicos escolhidos para ser base na montagem do questionário 1	22
Quadro 3 - Objetivos dos itens para criação do questionário 1	23
Quadro 4 – Capítulos dos livros utilizados para a análise da relação de dominância e recessividade.	29
Quadro 5 - Representação e conceitos das palavras-chaves retiradas da resposta base.	31

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1** – Ocorrência e distribuição dos conceitos das palavras-chave não mencionadas pelos estudantes nos exercícios. DOM (dominância completa); NUC (Sequência nucleotídica diferente nos alelos); PROT (Produto gênico funcional/Produto gênico não funcional); HET (heterozigoto/homozigoto); HAPLO (Haplossuficiente/Haploinsuficiente); ALE (Alelo)33
- Gráfico 2**- Ocorrência e distribuição dos conceitos das palavras-chave mencionadas pelos estudantes nos exercícios. DOM (dominância completa); NUC (Sequência nucleotídica diferente nos alelos); PROT (Produto gênico funcional/Produto gênico não funcional); HET (heterozigoto/homozigoto); HAPLO (Haplossuficiente/Haploinsuficiente); ALE (Alelo)33

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ALE	Alelo
ATD	Análise Textual Discursiva
CFTR	Regulador de Condutância Transmembranar de Fibrose Cística
COEP	Comitê de Ética e Pesquisa
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
DOM	Dominância Completa
HAPLO	Haplossuficiente/ Haploinsuficiente
HET	Heterozigoto/Homozigoto
NUC	Sequência Nucleotídica Diferente nos Alelos
PAH	Fenilalanina Hidroxilase
PROT	Proteína Funcional/Proteína não Funcional
RNA	Ácido Ribonucleico
RNAM	Ácido Ribonucleico Mensageiro
RNAT	Ácido Ribonucleico Transportador
TRE	Treonina
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	GENÉTICA - UM DESAFIO PARA O ENSINO- APRENDIZAGEM	11
1.2	ESTUDOS SOBRE OS LIVROS DIDÁTICOS E SUA INFLUÊNCIA NO APRENDIZAGEM DA DISCIPLINA DE DOMINÂNCIA E RECESSIVIDADE	15
1.3	JUSTIFICATIVA	18
2	OBJETIVOS	19
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3.1	PÚBLICO ALVO	20
3.2	BANCO DE EXERCÍCIOS DA DISCIPLINA LABORATÓRIO DE ENSINO DE GENÉTICA	20
3.3	ELABORAÇÃO, APLICAÇÃO E ANÁLISE DE QUESTIONÁRIOS	21
3.4	ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS.....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1	ANÁLISE QUALITATIVA DO BANCO DE EXERCÍCIOS	30
4.2	ANÁLISE DE QUESTIONÁRIOS	35
4.2.1	Questionário 1	36
4.2.2	Questionário 2	47
4.2.3	Questionário 1 x Questionário 2.....	61
4.3	ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS.....	62
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
7	APÊNDICE.....	82
8	ANEXO.....	87

1 INTRODUÇÃO

1.1 GENÉTICA - UM DESAFIO PARA O ENSINO- APRENDIZAGEM

A genética é a área considerada como a mais difícil para aprender e ensinar, porém a mais importante de acordo com duas pesquisas feitas no início dos anos 80 (BUGALLO RODRÍGUEZ, 1995). Dentre outros estudos, o de Silva e Khahlil (2017) indica a disciplina de genética do curso de Biologia de uma universidade pública do Amazonas como tendo o maior índice de reprovação, pois os estudantes apresentam dificuldade de interpretar e relacionar os conteúdos de genética. Além disso, as autoras fazem uma reflexão a respeito de qual seria o motivo da dificuldade que os alunos têm em aprender a disciplina; seria a existência de conceitos complexos e nomes complicados? Ou seria pela falta de uma metodologia adequada? Para Melo (2011) aprender significa não apenas entender o conteúdo, mas também ter a capacidade de “traduzi-lo” e torná-lo uma “linguagem compreensível” para o indivíduo e internalizar o assunto de forma que ele possa ser interpretado, relacionado, discutido em outras situações: “A aprendizagem, como uma incorporação de saberes e fazeres, só faz sentido se a pessoa se dispõe dela para operar efeitos sobre si e sobre o mundo” (MELO, 2011).

O conteúdo de genética é extenso e possui muitos sinônimos, termos e conceitos que podem facilmente confundir o estudante (KNIPPELS, 2002). Além disso, há termos que podem ser também muito similares, como as palavras “homozigoto” e “heterozigoto”, genótipo e fenótipo (BAHAR ; JOHNSTONE; HANSELL, 1999). Geralmente, o vocabulário da disciplina é introduzido por meio do professor, livros e outros locais para pesquisa, como internet e apostilas (PEARSON ; HUGHES, 1998a, 1998b). O problema é que essas fontes de conhecimento nem sempre tem o mesmo vocabulário sobre determinado assunto (KNIPPELS, 2002). Muitas vezes as informações destes locais procurados pelos alunos estão obsoletas e podem apresentar termos com conceitos ultrapassados. Estes fatores podem levar o estudante a formar um raciocínio, entendimento e interpretação errôneos sobre os termos da Genética (CHO; KAHLE; NORDLAND, 1985; PEARSON; HUGHES, 1998a, 1998b). Um exemplo disso é o uso do termo “gene” como sinônimo de “alelo” pelos professores ou nos livros didáticos (CHO; KAHLE; NORDLAND, 1985; PEARSON; HUGHES, 1998a, 1998b).

De acordo com Knippels (2002), a forma como a genética é ensinada pode dificultar a compreensão dos estudantes, através de livros mal estruturados ou devido à organização do

programa da disciplina pelo professor. Por exemplo, os docentes que podem ensinar o tema sem relacionar os conceitos de genética ou os alunos podem aprender o conteúdo de forma esporádica, e isso pode levá-los a terem dificuldades em relacionar os assuntos e compreendê-los de forma integrada.

Alguns pesquisadores observaram que quando o estudante tem que relacionar termos que são organizados em múltiplos níveis (microscópico e macroscópico, por exemplo) ele apresenta dificuldade de aprender o conteúdo. De acordo com Marbach-Ad e Stavy (2000), em seus estudos com estudantes de Israel da 9ª série e 12º série e do ensino superior em um curso de licenciatura de ciências biológicas, muitos estudantes conseguiram explicar e utilizar de forma correta os termos microscópicos da genética, como “Gene/DNA”, e “Gene/DNA são codificados em características”, todavia as explicações do estudante pareciam “decoradas”. Além disso, a entrevista mostrou que diversos estudantes não conseguiram explicar a relação entre o gene (micro) e a formação do fenótipo (macro) além de alguns terem explicado que ambos os termos são sinônimos.

Pashley (1994), numa tentativa de entender a relação de estudantes e erros conceituais em genética, sugere que os professores de educação básica (*A-level*) conheçam os erros e dificuldades de seus alunos antes de lecionar um determinado conteúdo. Isto poderia direcioná-los melhor a planejar e executar ligeiramente diferente sua forma de ensino dos temas. No estudo, feito em quatro escolas da Inglaterra, foi aplicado um exame que consistia em 21 pares de termos genéticos que os estudantes deveriam relacionar uns com os outros. Um deles era o par “alelo” e “gene”, e os erros mais comuns foram “Gene contém alelos”; “Alelos contém genes”; “Genes e alelos são sinônimos”. Numa próxima etapa da pesquisa os estudantes foram ensinados de diferentes formas: alguns utilizando modelo de cromossomo, e outros somente com a aula teórica clássica (sem o modelo). Em todos os casos, alguns professores sabiam dos problemas conceituais apresentados e outros não. A autora concluiu que com o uso do modelo do cromossomo, os estudantes mostraram entender melhor o conteúdo, aderindo novos conceitos. No entanto, a resolução de respostas errôneas se deu de forma mais significativa nos grupos onde os docentes estavam cientes das dificuldades dos estudantes em entender a diferença entre alelo e gene. O estudo sugere que entender esta relação é o primeiro passo para a compreensão da relação entre alelos dominantes e recessivos.

Num trabalho em que discute os dilemas filosóficos e linguísticos envolvidos com o termo dominante em genética, Allchin (2005) explica que a palavra “dominante” pode ser

entendida por muitos estudantes como tendo significado metafórico de “poder”, “mais frequente” ou “prevalente”; também podem ter a concepção equivocada que o alelo dominante é um “controlador” e suprime o alelo recessivo. Além disso, a palavra traz ideia de “competição”, e isto pode indicar exclusão da possibilidade da existência da expressão simultânea dos alelos. O autor acrescenta que a interpretação da palavra dominante está relacionada com a visão cultural e social que os indivíduos constroem em suas vidas, apontando que a palavra “dominante” serve como “modo natural implícito” onde o significado desta palavra seria interpretado de forma simples e dual reforçando a tendência de incorporação da “cultura” no conceito de dominância.

Abraham, Perez e Price (2014) desenvolveram um Inventário do Conceito de Dominância (DCI) com o intuito de investigar os conceitos alternativos apresentados por estudantes do ensino médio e superior a respeito do conteúdo de dominância alélica e sua expressão fenotípica, não sendo abordada a base molecular deste conteúdo. O trabalho foi efetuado em dois momentos: o estudo piloto e o estudo principal. Em ambos, os estudantes do ensino médio e superior passaram por entrevistas e resolveram questões de múltipla escolha relacionados ao tema de dominância. Os autores observaram que quatro conceitos alternativos foram os mais frequentes nas respostas dos estudantes: “A frequência de um alelo na população está relacionada com a dominância” (Domfreq), “Alelo dominante tende a aumentar em frequência em uma população” (Dominc), “Dominância está relacionada a uma vantagem seletiva” (Domselect), Heterozigotos tem uma vantagem seletiva sobre outros genótipos” (Heteroselect). Mais de um terço dos estudantes tiveram as concepções alternativas Domfreq e Domselect, e entre 20 a 30% das respostas estavam relacionadas com Heteroselect e Dominc. Os autores acrescentam que a dificuldade dos estudantes com os conteúdos de genética pode estar vinculada com a falta de compreensão de termos básicos da genética, como os termos “alelo” e “gene”, ou devido à presença de preconceitos desenvolvidos na base de aprendizagem da genética.

Outro conteúdo de genética que merece destaque em relação a erros conceituais são as definições de dominância e recessividade relacionadas com o processo bioquímico de síntese proteica. Netto (2012) sugere que seus alunos do curso de graduação de Ciências Biológicas têm dificuldade de entender qual é a relação entre os alelos dominantes e recessivos e com o processo de transcrição e formação de produtos que desencadearão a formação dos fenótipos. Na sua experiência como professora a autora tem visto que muitos estudantes têm em mente que alelos dominantes são transcritos e os recessivos não. E ainda, alguns acham que os alelos dominantes “impedem” ou “inibem” o segundo de se manifestarem. De fato, o termo

“dominante” é, muitas vezes, visto por estudantes de cursos de introdução à genética, como sendo “forte” e “frequente” (HEIM, 1991). Também consideram que ele é o alelo “bom” que vai inibir o alelo “mau” que, no caso, é o recessivo (PEARSON; HUGHES, 1988). Alguns estudantes consideram ainda, que o alelo dominante é mais comum e frequente ao longo da evolução e que o recessivo é mais raro e está sempre ligado a mutações (HEIM, 1991).

De acordo com Redfield (2012) as dificuldades que os estudantes têm em entender o conteúdo da interação alélica podem estar relacionadas com o conceito de dominância de Mendel. Geralmente, quando se vai introduzir este assunto, professores e livros didáticos, utilizam as descobertas de Mendel para explicar o conteúdo. Com os recursos e conhecimentos da época, Mendel lidou com a relação entre os alelos (fatores) na perspectiva do fenótipo e, portanto, suas explicações para a relação de dominância e recessividade dos fenótipos nas ervilhas eram com base apenas em A (alelo dominante) e a (alelo recessivo). Isso pode levar o estudante a considerar que isso é uma regra para todas as situações e que existe um alelo que é sempre dominante e outro recessivo, sendo que, na realidade, a relação entre os alelos é que irá formar o fenômeno da dominância e recessividade e que, além disso, outros alelos também podem participar da interação.

El-Hani (2016) discute as intenções iniciais de Mendel com sua pesquisa à luz da análise da tradução dos seus estudos para o inglês. O autor cita que Mendel começou estudar as ervilhas em 1866 e que o objetivo era saber se a hibridização poderia gerar novas espécies nas plantas e não a hereditariedade como muitos acreditam. Através de pesquisas feitas em documentos de 1866 onde se registram anotações do estudo de Mendel escritas em alemão e estudos de outros historiadores, El-Hani (2016) debate a tradução do texto para o inglês onde a palavra “Merkmale” no alemão tem um significado mais próximo de “característica” e “fator”, e na tradução para o inglês está escrito “caracteres”. O autor sugere que a tradução interpretou o trabalho de Mendel como um estudo voltado para a hereditariedade, sendo que Mendel originalmente poderia estar referindo os termos dominante e recessivo aos fatores e características externas das plantas. Segundo o autor, outra ideia atribuída a Mendel é o conceito de dominância. No entanto, seus escritos indicam o uso da palavra dominante e recessivo e não é explícito o entendimento que havia a relação de dominância como uma propriedade causal, já que tampouco esta palavra aparece nos trabalhos. De toda forma, essas ideias influenciam como os conceitos de dominância são ensinados no ensino básico e no ensino superior. Os casos inicialmente oferecidos como exemplos aos estudantes nos livros didáticos são todos ou alguns dos sete fenótipos das ervilhas, e se tratam todos de dominância completa.

1.2 ESTUDOS SOBRE OS LIVROS DIDÁTICOS E SUA INFLUÊNCIA NO APRENDIZAGEM DA DISCIPLINA DE DOMINÂNCIA E RECESSIVIDADE

Os livros didáticos são um dos meios em que os estudantes irão utilizar como base para o aprendizado da genética. Muitos deles usam os livros como complemento ao conteúdo que é lecionado pelo professor, enquanto para outros estudantes o livro será a base principal de estudo. Alguns autores como Pinheiro (2010), Aivelo e Uitto (2015) e Pimenta (2019) têm contribuído com trabalhos que trazem investigações sobre a influência que estes livros podem ter na aprendizagem da genética dos alunos, tanto do ensino superior quanto do ensino médio, principalmente o conteúdo de dominância e recessividade.

Redfield (2012) relata sua percepção a respeito da estrutura conservadora de ensino de uma disciplina introdutória de graduação usando a sequência de um livro didático de genética, Introdução à Genética de A. GRIFFITHS et al.:

“(A disciplina) começava com os experimentos de Mendel e seus princípios – Os fenótipos são determinados por genes cujos alelos passam inalterados através das gerações; os alelos são dominantes ou recessivos; pares de alelos se separam em gametas e formam novas combinações em cada nova geração. Em seguida veio a evidência de que genes estão nos cromossomos, seguidos pela visão da microscopia e o comportamento dos cromossomos na meiose. A análise dos cruzamentos genéticos, em seguida, gradualmente revelou todos os conceitos padrões - ligação e *crossing over*, mapeamento genético, herança ligada ao sexo, epistasia, alterações cromossômicas. Alguns professores complementaram estes tópicos com a genética molecular”.

De acordo com a autora (REDFIELD, 2012), esta organização persiste nos livros devido a um fator histórico, onde acreditava-se que ao seguir os mesmos “passos” de Mendel, os estudantes conseguiriam aprender mais facilmente o conteúdo, pois fariam naturalmente as mesmas perguntas. Além disso, poderiam entender melhor a natureza do conhecimento científico pelo uso da lógica dos experimentos que seriam necessários para responder as perguntas. Contudo, como descrito pela autora, os estudantes não desenvolveram o pensamento científico esperado, apesar de conseguirem resolver problemas de análise genética. A autora afirma que nas avaliações os estudantes conseguem interpretar e resolver questões envolvendo cruzamentos fenotípicos, porém em uma conversa informal sobre a

atividade, eles mostraram ter ideias não convencionais sobre a formação do fenótipo a partir das interações alélicas. Redfield (2012) ainda menciona que embora alguns livros apresentem a haplossuficiência para explicar o conceito de dominância, muitos estudantes quando perguntados sobre a relação entre o alelo dominante e o recessivo, explicam que o primeiro inibe o segundo.

Aivelo e Uitto (2015) analisaram quatro livros didáticos de biologia que são utilizados por estudantes da escola secundária na Finlândia. Eles analisaram como o termo “gene” aparece nos livros e utilizaram um quadro como referência para determinar o embasamento teórico que o livro utilizou para explicá-lo. Então a explicação poderia aparecer como: clássica, neoclássica, moderna, clássica-bioquímica ou Mendeliana. Os autores ainda analisaram nos livros a variedade de explicações dos termos “alelo”, “gene”, “dominância e recessividade” e “efeitos ambientais” e verificaram se elas estavam atualizadas. Os autores encontraram que nenhum dos livros o termo “gene” é explicado de acordo com o “modelo moderno” e atualizado de gene: “Os genes são vistos como processos: uma rede que é influenciada por outros genes e efeitos ambientais”. Os livros apresentaram diversas variações na explicação do termo como: “O gene é uma entidade abstrata e não tem estrutura”, “O gene é uma partícula no cromossomo”, “O gene é um segmento de DNA”, “O gene consiste de uma ou mais sequências de DNA com vários propósitos”.

Justi e Gilbert (2000) sugerem que a variação do uso dos modelos científicos utilizados para explicar os conteúdos de genética (clássica, neoclássica, moderna, clássica-bioquímica ou Mendeliana) presentes nos livros pode causar confusão nos alunos. Gericke, Hagberg e Jorde (2013) fizeram uma pesquisa com 40 estudantes das escolas secundárias superiores na Suécia. Os estudantes leram dois trechos sobre a disciplina de genética em livros didáticos, utilizados por eles em sala de aula, e depois eles foram convidados a responderem questionários a respeito do conteúdo contido nos textos dos livros. Após as análises das respostas, os autores viram que os estudantes não reconheciam o tipo de modelo que estava sendo utilizado para explicar os termos genéticos. Os alunos entendiam que aquela variação do conceito era, na verdade, um detalhamento do termo e não uma forma diferente de explicar o mesmo termo. Aivelo e Uitto (2015) ainda observaram que os livros que descrevem a hereditariedade seguindo as “leis de Mendel” não incluem a biologia molecular para explicar o processo “genótipo para fenótipo”, não mostrando a interação entre os alelos dominantes e recessivos.

Anteriormente Cho, Kahle e Nordland (1985) já haviam feito uma análise de alguns livros didáticos de biologia mais utilizados nos EUA por estudantes do ensino médio para investigar, dentre outros, a organização e a relação conceitual, uso dos termos e os elementos matemáticos ali contidos, com o intuito de relacionar estas informações com os erros conceituais relacionados às leis de Mendel e meiose. Eles observaram que os livros continham erros textuais relacionados com o ensino da genética e ainda omitiam alguns conteúdos. Além disso, em um deles não há relação entre os conceitos de alelo, gene, DNA, cromossomo e herança; esses conteúdos são enfatizados separadamente em capítulos distintos. Foi percebido também que todos os livros tinham definições variadas para alguns termos como heterozigoto/homozigoto e dominante/recessivo. Essas inconsistências no texto dos livros didáticos podem causar a chamada dissociação cognitiva no estudante (NOVAK, 1977), já que haverá uma dificuldade na construção de uma sequência lógica dos conteúdos de genética pelo fato de eles serem abordados separadamente nos livros e devido à variedade de explicações apresentadas. O estudante acaba por ter uma “experiência emocional negativa” ao deparar com conceitos contraditórios e que não possuem uma sequência lógica. A consequência disso é confusão e erros de compreensão de conteúdo. Os autores notaram também que em alguns livros a palavra “mutante” foi utilizada para explicar alguns conteúdos, como, por exemplo, o alelo recessivo. Nestes casos o termo era usado juntamente com adjetivos como “raro”, “prejudicial” e “recessivo”. Um dos livros descreve que as mutações ocorrem geralmente em alelos recessivos; já outro descreve que “um gene perde sua habilidade de expressão”. Nenhum dos livros pesquisados por Cho, Kahle e Nordland (1985) possui conteúdos que relacionam o gene e o alelo com a produção de proteínas e a formação do fenótipo.

No Brasil tem-se um estudo semelhante de análise de livros de Genética mais recente (PINHEIRO, 2010) em que se observa o reforço da ideia do nome “Dominante” como uma palavra que induz um significado de poder; os estudantes tendem a explicar dizendo que o “A” inibe o “a” e que, portanto, a partir dele não se transcreve ou traduz produtos gênicos. Na sua análise do livro didático “Biologia Ensino Médio” (de Augusto Adolfo, Marcos Crozeta e Samuel Lago) foi observado que no capítulo das leis de Mendel o conceito de dominante era explicado como sendo mais “forte” que o alelo recessivo. A pesquisadora sugere que isso pode levar os estudantes a pensar que o alelo dominante é superior e que irá suprimir o alelo recessivo.

Alguns dados recentes de Pimenta (2019) indicam a presença, em alguns livros do ensino médio no Brasil, de erros conceituais, conteúdo fragmentado e ainda deficiência nas informações em relação aos conteúdos de genética que abrangem o tema de dominância e recessividade. A pesquisadora observou que um dos livros o termo “em recesso” é utilizado para explicar que a característica do alelo recessivo não irá aparecer em F1 e retornará em F2, o que, segundo ela, pode induzir o estudante a considerar que o alelo dominante irá inibir o recessivo, porque o texto não detalha a relação entre os alelos dominantes e recessivos e nem a produção de proteínas não funcionais. Além disso, outro livro utiliza a frase “Alelos recessivos não se manifestam em dose simples”, o que poderia fazer o estudante considerar que alelo recessivo não será transcrito ou traduzido. Foi ainda percebido que um dos livros explica o conceito de codominância utilizando as palavras “genes funcionais” ao invés de “sintetizam proteínas funcionais”, o que poderia fazer com que o estudante não assimilasse os processos de tradução e transcrição no exemplo dado.

1.3 JUSTIFICATIVA

Sem dúvida a genética faz parte do dia a dia da população, integrando vários aspectos que são de interesse geral, na saúde, agricultura, entre outros. O entendimento da genética tem o potencial de proporcionar às pessoas um pensamento mais crítico a respeito de diversas questões da sociedade. Ao procurar na barra de pesquisa do Google o termo “genética”, é possível recuperar perguntas que mostram interesse pela área (no final da página de pesquisa, no espaço “as pessoas também perguntam”). Alguns exemplos: “Qual é a função da genética?”, “o que é uma pessoa genética?”, “O que é genética e qual sua importância?”. Quando se coloca a palavra “doping genético” na barra de pesquisa do Google, o histórico do software mostra o que outras pessoas estão pesquisando sobre este assunto e pode-se notar várias pesquisas relacionadas com este assunto, como “Doping genético pontos positivos e negativos”, “o atleta superior e bioética”, “Doping genético e possíveis metodologias de detecção”. Além disso, ao se colocar a palavra “Transgênico” na barra de pesquisa pode-se perceber que o histórico de pesquisa mostra diversas buscas feitas pelas pessoas que são relacionadas com o interesse delas de entender mais sobre o assunto: “Transgênico o que é?”, “Transgênico faz mal?”, “Transgênico exemplos”, “Transgênico causa câncer?”. Essas e outras buscas pelas pessoas enfatizam o aumento do interesse pela área de genética já que as perguntas feitas demonstram um interesse em saber com mais detalhes como acontece a transgenia, por exemplo.

Nesse sentido, é fundamental que as universidades que tenham cursos de licenciatura ou bacharelado em ciências biológicas preparem seus estudantes de forma que a genética seja compreendida e seus conteúdos estejam bem estruturados, seja para que exerçam a docência ou outra função do biólogo. Por isso, é importante avaliar quais são as dificuldades enfrentadas pelos acadêmicos ao estudar os processos e termos genéticos. É de especial interesse as interações alélicas do tipo dominância e recessividade para os caracteres fenotípicos e como estes termos se relacionam com os processos moleculares, tendo em vista os avanços na área nas últimas seis décadas. Apesar de haver indicações da falta de entendimento aprofundado sobre esta relação em estudantes do ensino médio e ensino superior, não existem muitos relatos na literatura que identifiquem de forma mais estruturada essa falha e a formação de erros conceituais.

Diante do exposto, este trabalho visa a investigar os conhecimentos de estudantes do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais sobre interações alélicas, em especial “dominância e recessividade”, e relacionar a construção do conhecimento na área com possíveis dificuldades que venham a demonstrar.

2 OBJETIVOS

Contribuir para o ensino-aprendizagem de genética por meio da investigação sobre a construção de conhecimento de estudantes de licenciatura e de dois livros didáticos do curso de Ciências Biológicas a respeito do tema interações alélicas.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar as concepções de estudantes de licenciatura utilizando a análise qualitativa de um exercício discursivo sobre a interação alélica de dominância e recessividade. Diagnosticar as possíveis origens das concepções relacionadas à expressão do alelo recessivo com o auxílio de um questionário com perguntas de complexidade crescente. Analisar dois livros textos de Genética quanto à maneira de abordar e relacionar os conceitos de interação alélica com processos bioquímicos e moleculares. Analisar as respostas dos estudantes relacionando com as informações dos livros didáticos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de grande parte deste trabalho tem caráter qualitativo, que é uma abordagem reflexiva, que investiga a realidade de forma descritiva e indutiva com o objetivo de interpretar o objeto de estudo dentro de contextos históricos, culturais, políticos, onde a vivência e experiência dos indivíduos devem ser levadas em consideração (GODOY, 1995). O trabalho também conta com uma parte quantitativa de análise de dados, que é uma metodologia que utiliza dados estatísticos, matemáticos e fatídicos para a compreensão da realidade (HUGHES, 1996). Primeiramente, foram analisados exercícios de genética de um banco disponibilizado por uma das professoras da disciplina Laboratório de Genética do curso de Ciências Biológicas da UFMG. Em um segundo momento, contou-se com a aplicação de dois questionários (apêndices A e B) para turmas desta mesma disciplina. A terceira parte da pesquisa consistiu em uma análise de dois livros textos de Genética utilizados no ensino da genética desta instituição. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (CAAE: 88856618.6.0000.5149) e o termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 1) foi assinado pelos estudantes que aceitaram participar da pesquisa.

3.1 PÚBLICO ALVO

O público-alvo desta pesquisa foram grupos de estudantes da disciplina “Laboratório de Ensino de Genética” do curso de licenciatura de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Esta disciplina é optativa e tem disponibilidade de matrícula para os estudantes que estão cursando os períodos finais do curso de Ciências Biológicas. Os alunos que fazem esta disciplina já cursaram as disciplinas obrigatórias de Genética.

3.2 BANCO DE EXERCÍCIOS DA DISCIPLINA LABORATÓRIO DE ENSINO DE GENÉTICA

O material usado para esta análise foi um exercício presente em um banco de respostas arquivado por uma professora da disciplina em questão e que foi aplicado nos anos de 2013, 2014 e 2018 para 48 alunos. O exercício é composto por uma questão em que se pede: “Explique o que você entende por dominância/recessividade em termos genéticos e bioquímicos”. Para a análise das respostas dos estudantes foi utilizada uma metodologia que permite uma investigação intuitiva com dados reduzidos, estabelecendo categorias mais discriminantes e que leva em consideração o contexto do público-alvo (BARDIN, 2002). O

modelo escolhido foi o misto que abrange tanto o método *a priori*, que seria a análise do *corpus* do texto baseada em teorias fundamentadas percebidas e construídas previamente, quanto o método emergente, que seria a construção de novas informações depois da análise do texto (MORAES, 2003). Para auxiliar na análise das respostas do exercício, uma resposta base foi considerada para a pergunta adotando como referência os livros didáticos sugeridos no plano de ensino de Genética do curso de Ciências Biológicas da UFMG (Quadro 1).

Quadro1 - Livros utilizados como referência para a criação da “resposta base”.

TÍTULO DO LIVRO	Autores	Edição	Ano
Introdução à Genética	Griffiths et al.	8ª	1998
Genética Moderna	Griffiths et al.	1ª	2001
Genética um enfoque conceitual	Pierce	3ª	2011
Fundamentos de Genética	Snustad; Simmons	4ª	2008

Da resposta construída (apresentada nos Resultados) foram extraídas seis palavras-chaves consideradas importantes para o entendimento da relação de dominância e recessividade e que serviram como referência para a análise das respostas dos estudantes. Cada uma delas possui um conceito pré-estabelecido, feito com referência nos livros didáticos citados anteriormente, e representa um tipo de conhecimento específico. O conteúdo referente a cada palavra-chave foi investigado nas respostas dos estudantes, sendo que se estivesse sido escrito de forma similar aos conceitos pré-estabelecidos por nós, consideramos que o estudante não apresentara conceitos errados para aquela palavra-chave. Os exercícios foram assim escrutinados e o número de vezes em que cada palavra-chave apareceu foi contabilizado.

3.3 ELABORAÇÃO, APLICAÇÃO E ANÁLISE DE QUESTIONÁRIOS

Esta etapa do trabalho consistiu, inicialmente, na construção de um questionário onde se pudesse entender com mais profundidade o que os estudantes compreendem por relações alélicas ao nível molecular. A construção teve como referência o artigo de Melo e Bianchi (2015), que mostra recomendações para a elaboração de bons questionários, levando em consideração sobre o que é conveniente fazer e os cuidados para que o questionário não se torne ambíguo, confuso e principalmente indutivo. Ao longo do desenvolvimento do trabalho, fez-se necessária a construção de dois questionários. O questionário 1 (Apêndice A) teve duas questões discursivas sendo que a primeira delas teve cinco itens e a segunda, apenas uma.

Cada item aborda assuntos diferentes, mas, obviamente, relacionados, envolvendo conteúdos sobre expressão gênica e herança mendeliana. O questionário 1 foi estruturado para possibilitar uma análise mais detalhada sobre o conhecimento dos alunos, com itens iniciais mais simples e os finais com complexidade mais elevada.

Para se construir o questionário 1, utilizou-se a estratégia, que abrange a formação de perguntas por meio de um “roteiro de questionário” (MELO; BIANCHI, 2015). Primeiramente, foi decidido o objetivo principal do questionário: investigação das concepções dos estudantes sobre o tema interação alélica, especificamente a dominância e recessividade. Posteriormente, foram listados conteúdos de genética considerados importantes para a compreensão do assunto (Quadro 2). Através desses conteúdos, foram montados os itens do questionário 1 e, posteriormente, foram delineados objetivos para cada item, levando em consideração "o que nós queremos saber" e “perguntas que trarão as respostas” (Quadro 3).

Quadro 2 – Lista de tópicos escolhidos para ser base na montagem do questionário 1.

1- O que são alelos (localização)
2- Tradução e Transcrição
3- Proteínas funcionais e não funcionais (alelos possuem sequência nucleotídica diferente e, portanto, produzem proteínas diferentes; a funcional gerará um fenótipo e a defeituosa, não).
4- Dominante e Recessivo (dominância completa)
5- Relação de todos os itens anteriores

Quadro3 - Objetivos dos itens para criação do questionário 1.

QUESTÃO 1
Item a- Identificar o conhecimento que o estudante possui sobre heredograma de forma geral.
Item b - Identificar qual é o conhecimento dos alunos sobre estrutura e função dos alelos.
Item c- Identificar o conhecimento dos estudantes a respeito da localização das estruturas como alelo, gene, cromossomo.
Item d- Identificar o conhecimento dos estudantes sobre tradução, transcrição e a relação destes conteúdos com os alelos e proteínas.
Item e- Identificar o conhecimento dos estudantes a respeito da relação entre alelos dominantes e recessivos ao nível genético e bioquímico.
QUESTÃO 2
Identificar o conhecimento do aluno a respeito do heredograma, alelos (conceito, localização e estrutura), tradução, transcrição, relação de dominância e recessividade ao nível genético e bioquímico.

A validação deste questionário levou em conta o trabalho de Cunha e Silva (2009), com aplicação primeiramente para alunos de iniciação científica e mestrado para, só então, ser aplicado ao público-alvo com as devidas modificações. Antes de ser aplicado para estudantes da disciplina o questionário sofreu algumas alterações como a melhoria da resolução das imagens e a reestruturação de algumas perguntas que se apresentavam confusas e com excesso de informação.

A aplicação do questionário foi feita na turma do noturno da disciplina “Laboratório de Ensino de Genética”, no 2º semestre de 2018. Utilizaram-se os 20 minutos finais da aula quando o questionário foi entregue aos estudantes. Treze deles assinaram o termo de consentimento e concordaram em participar da pesquisa. A atividade foi feita individualmente, sem consulta ao material de estudo.

Mesmo com o cuidado que tivemos na construção e validação do questionário 1, após a sua aplicação para os estudantes da disciplina em questão, percebeu-se que a pesquisa seria mais bem embasada se uma nova aplicação de questionário fosse feita para um outro grupo de estudantes. Nem todas as questões foram relevantes para as investigações, como o item c (que

abrange o conhecimento da localização dos alelos, par de cromossomos, gene, e loci), já que alguns estudantes acertaram a questão 2 (mais complexa do questionário) e erraram alguns conceitos no item c; da mesma forma, houve alunos que erraram a questão 2 e acertaram o item c. Outro ponto que merece destaque é a qualidade de impressão da questão 2. Pelo fato da imagem estar em preto e branco e sem a presença do desenho dos alelos “A” e “a” para os pares “A/a” e “a/a”, o estudante não podia ver que os alelos possuem sequências nucleotídicas diferentes e que “a” possuía uma parte mutante em sua estrutura (mostrada em cor no original). Decidimos assim, introduzir uma modificação do questionário 1, nomeado de questionário 2 (Apêndice B) que pudesse sanar problemas estruturais observados no questionário 1. Assim como o anterior, ele foi dividido em duas partes, sendo que a Parte 1 é constituída de três itens (“a” até “c”) e a Parte 2, de dois itens (“a” e “b”).

Dentre as mudanças do questionário 1 para a formação do questionário 2 está a remoção do item c, e a junção dos itens d e e, com o intuito de se reduzir o tamanho da atividade e torná-lo menos extenso. O questionário 1 apresentou diversos itens que se mostraram eficientes para as investigações das concepções dos estudantes para a disciplina da relação de dominância e recessividade. O item a da questão 1 foi mantido porque ele se mostrou adequado para introduzir o exercício, já que possui conteúdos de genética que os alunos mostraram ter mais afinidade e facilidade, porém, seu enunciado foi reestruturado. O item b também foi mantido, porém também teve seu enunciado modificado com o objetivo de deixar mais clara a intenção da pergunta. Também foram considerados os itens d e e, que abrangem a transcrição e a tradução, e sobre a interação entre “a” e “A” em termos genéticos e bioquímicos, sendo assim eles foram unificados se tornando o item c do questionário 2. Na parte 2 foram acrescentadas ao desenho as estruturas da sequência alélica do “A” e do “a” (para os indivíduos Aa e aa), mostrando o sítio mutante do último. Além disso, todos os desenhos deste questionário são coloridos, evidenciando melhor os detalhes necessários para o entendimento do item.

A parte 2 do questionário 2 foi desenvolvida para ser entregue após preenchida a parte 1. Este procedimento foi necessário para evitar que o estudante obtivesse informações contidas no desenho da parte 2 para solucionar questões da parte 1, ou seja, queríamos verificar se houve mudança de pensamento do estudante ao longo da apresentação das perguntas do questionário. Para isso, o item c (parte 1) e os itens a e b (parte 2) foram relacionados.

PARTE 1 - Item a

Este item teve o objetivo de introduzir o questionário 2, sendo um meio para preparar os alunos motivando-os a pensar sobre o conteúdo de dominância completa, alelo recessivo, alelo dominante, tipo de herança, por meio de uma atividade de heredograma. O enunciado da questão é “O que a figura representa? Explique levando em conta os símbolos usados na genética que aparecem na figura”, e em seguida o item traz uma figura, de um heredograma, para que o estudante o tenha como referência e possa responder o item. A resposta esperada para este item seria que o aluno mostrasse entender sobre os símbolos e o que o heredograma representa assim como sua interpretação dizendo qual o tipo de herança está envolvida na atividade e qual é a doença em questão.

PARTE 1 - Item b

Este item teve como objetivo investigar o conhecimento dos estudantes a respeito dos alelos dominante e recessivo. Ele tem como enunciado: “O que as letras A e a representam? Explique levando em conta o seu conhecimento nas áreas de genética molecular e bioquímica”. A resposta esperada seria que eles escrevessem sobre a diferença entre esses alelos ao nível genético e bioquímico, incluindo na resposta que os alelos possuem sequências de nucleotídeos diferentes e que, por isso, produzem proteínas diferentes; além de estar óbvia a afirmação que os alelos são formas alternativas do gene.

PARTE - 1 – Item c

Este item tem o objetivo de verificar a explicação e conhecimento dos estudantes a respeito da relação entre os alelos e a formação “genótipo para fenótipo” dos estudantes, sendo assim eles deveriam mostrar que entendem que existe uma proteína defeituosa e que ela não expressará o fenótipo para indivíduos recessivos. O enunciado deste item é “A relação entre as letras A/A, A/a e a/a na gravura é de dominância e recessividade. Explique como estas interações se relacionam em termos genéticos- bioquímicos (transcrição, tradução e proteína)”. Para que a resposta do item c (parte 1) fosse considerada correta, ela deveria conter alguma explicação próxima a: o alelo é considerado recessivo em heterozigose porque ele será transcrito e traduzido em proteínas defeituosas que interromperão o mecanismo da produção da melanina e que por isso somente o fenótipo do alelo dominante irá se sobressair. As respostas dos estudantes para este item também foram utilizadas, nas análises, para serem relacionadas com

os itens a e b da parte 2, sendo que o objetivo era verificar se houve mudança de pensamento ou persistência deles após os estudantes responderem os itens a e b da parte 2, já que eles responderam o item c da parte 1 sem ter visto os itens da parte 2.

PARTE 2 - Item a

Este item tem o objetivo de verificar como os estudantes constroem o processo “genótipo para fenótipo” utilizando conteúdos como: RNA, proteínas, sequência nucleotídica de alelos. O enunciado da questão pede “A figura abaixo representada como o processo molecular da melanina em um indivíduo A/A ocorre, com a enzima tirosinase transformando a tirosina no pigmento escuro. Usando os mesmos símbolos, represente os processos dos indivíduos A/a e a/a”. A resposta do item a (parte 2) foi considerada correta para aqueles estudantes que fizeram um desenho semelhante ou igual ao da figura 1, mostrando a fita de RNAm com uma parte mutante, o sítio ativo deformado da enzima tirosinase e o mecanismo da formação da melanina.

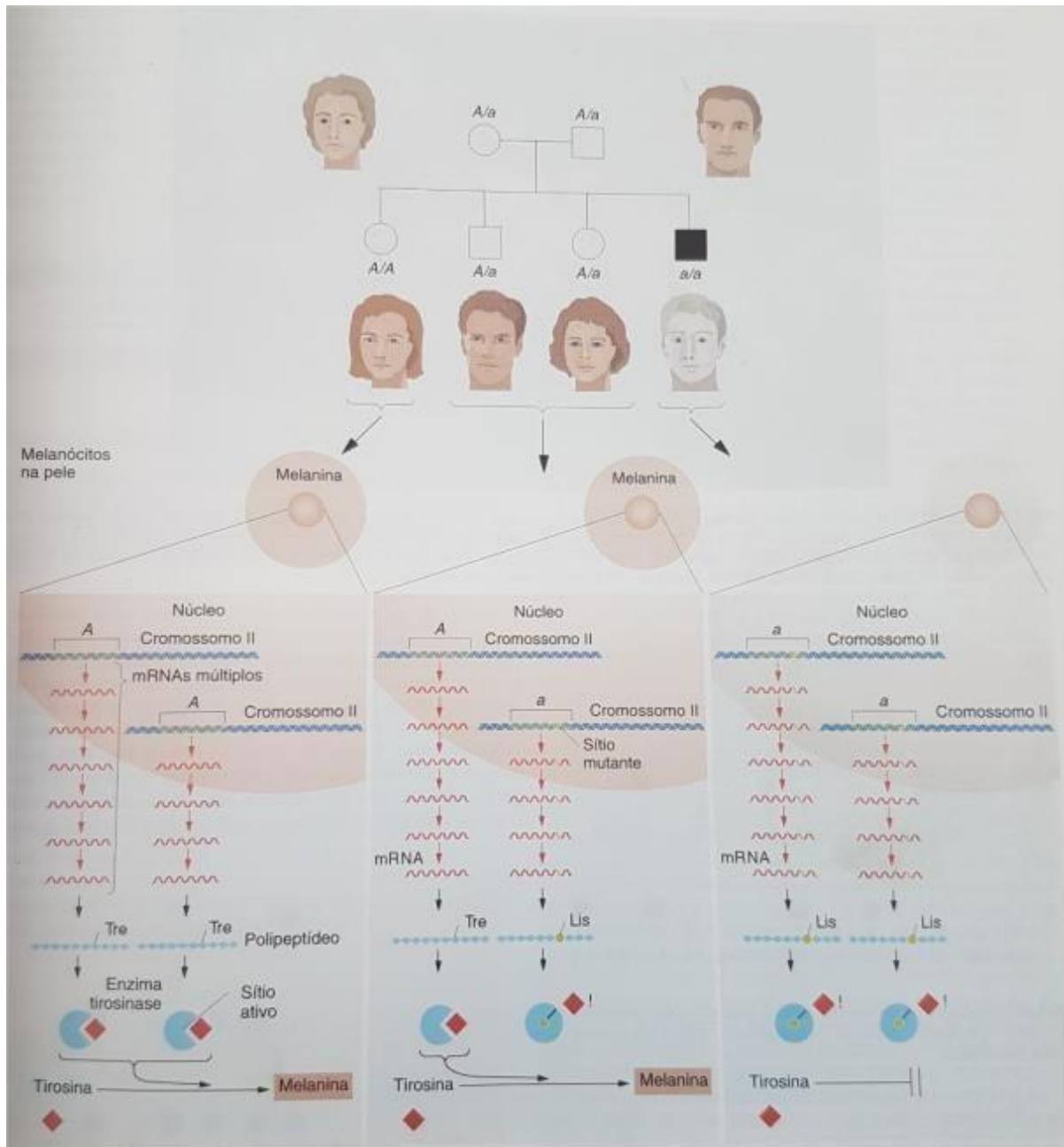


Figura 1 – Desenho completo do item a da parte 2 do questionário 2 para os pares A/A, A/a e a/a.
 Fonte: livro “Genética Moderna” (GRIFFITHS et al., 2001).

PARTE 2 – Item b

Este item teve o objetivo de verificar se o estudante mudaria sua resposta no item c da parte 1, após ter resolvido o item a da parte 2. Para a resposta do item b da parte 2 ser considerada correta o estudante teria que escrever sua justificativa relacionando o conteúdo com o fato de que o alelo recessivo não expressa seu fenótipo porque a enzima gerada terá seu sítio ativo defeituoso, sendo assim a tirosina não será metabolizada e a melanina não será produzida.

Com o objetivo de se ter uma análise que permitisse perceber as diversas possibilidades de interpretação da resposta dos estudantes para os questionários 1 e 2, foi escolhida a Análise textual discursiva (ATD) de Moraes (2003). Esta metodologia é de natureza qualitativa e possibilita novas compreensões através da interpretação do isolamento de ideias significantes e da reorganização e criação de categorizações (MORAES, 2003). De acordo com Moraes Galiazzi e Ramos (2011), este tipo de análise permite ao pesquisador assumir um papel de intérprete e autor podendo chegar a certas compreensões do que está sendo estudado de forma mais ampla, fugindo da “análise de conteúdo” tradicional e simplista. Este método é organizado em três etapas: unitarização, categorização e metatextos. A primeira consiste em examinar e fragmentar os textos de estudo; o segundo seria estabelecer relações entre estas partes e separá-las em categorias e sub- categorias, e a terceira, seria a emergência de sentidos referentes às etapas anteriores com a formação de metatextos e informações percebidas. Esta metodologia é muito eficaz porque permite uma análise detalhada das respostas dos estudantes. Ao desconstruir os textos e organizá-los, muitas percepções que não haviam sido notadas antes podem ser identificadas nas respostas dos alunos.

3.4 ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS

Levando em consideração que os livros didáticos são um dos meios que podem ter influência na formação de conhecimento dos estudantes sobre a disciplina de genética, foi feita uma análise de dois livros didáticos propostos pela bibliografia das disciplinas “Genética I” e “Genética II” do curso de licenciatura de Ciências Biológicas da UFMG: “Introdução à Genética, 10ª edição (GRIFFITHS et al., 2015)” e “Genética - Um enfoque conceitual, 3ª edição (PIERCE, 2011). A investigação teve foco nas partes dos livros (Quadro 4) que introduzem a explicação de conteúdos relacionados a dominância e recessividade dos alelos, buscando por seu relacionamento com os conceitos de expressão gênica. Procurou-se observar como este relacionamento estava explicado no texto e se continha alguma explicação que pudesse induzir o estudante a considerar que o “o alelo dominante inibe o recessivo”, “alelo recessivo produz em menor quantidade” e “alelo recessivo não produz produto”, como:

- Existem explicações que remetem ao alelo dominante ser mais “forte” que o recessivo?

- Como é a conceituação de alelo e gene nesses livros? É possível que eles tragam uma explicação clara sobre a sequência diferente nos alelos e o que isso representa para a relação de dominância e recessividade?
- Os livros mostram o processo “genótipo para fenótipo” tanto para o alelo recessivo quanto para o dominante simultaneamente?
- Existe uma explicação da relação de dominância e recessividade ao nível molecular incluindo exemplos que incluem a proteína defeituosa do alelo recessivo e a sequência nucleotídica nos alelos?
- Teria algum trecho nos livros enfatizando alguma explicação sobre “O alelo recessivo produz em menor quantidade que o dominante?”
- Alguma explicação nos livros didáticos indica que somente o alelo dominante produz proteínas e o alelo recessivo não?

Quadro4 – Capítulos dos livros utilizados para a análise da relação de dominância e recessividade.

TÍTULO DO LIVRO	Autores	Capítulos	Edição	Ano
Introdução à Genética	Griffiths et al.	2 (Herança Monogênica) 6 (Interação Gênica) 7 (Estrutura e Replicação) 8 (RNA: Transcrição e Processamento) 9 (Proteínas e sua Síntese) 12 (Regulação da Expressão Gênica em Eucariotos)	10ª	2015
Genética um enfoque conceitual	Pierce	3 (Princípios Básicos da Hereditariedade) 5 (Extensões e Modificações dos Princípios Básicos) 12 (Replicação e Recombinação do DNA) 13 (Transcrição) 15 (O Código Genético e a Tradução) 17 (Controle da Expressão Gênica em Eucarioto)	3ª	2011

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE QUALITATIVA DO BANCO DE EXERCÍCIOS

Utilizando quatro livros indicados no programa de disciplinas de Genética do curso de Ciências Biológicas (ver metodologia no Quadro 1) foi elaborada uma resposta modelo para a pergunta presente nos exercícios coletados previamente pela professora da disciplina Laboratório de Ensino de Genética. A escolha destes livros para a criação do modelo-base e dos conceitos das palavras-chaves foi devida ao fato de que eles são utilizados frequentemente pelos estudantes e isso facilitaria a análise já que a sua resposta poderia ter sido feita com base nos termos contidos em tais livros didáticos.

Assim, para a análise qualitativa das respostas do exercício o modelo base construído para responder o que se entende por dominância e recessividade em termos genético-bioquímicos a partir dos livros didáticos está descrito a seguir. As palavras grifadas se relacionam com as palavras-chave escolhidas para uso na análise.

“A relação de dominância e recessividade é um fenômeno resultante da interação de **alelos** de **sequências diferentes** que expressarão **produtos gênicos diferentes**. Dominância é um fenômeno no qual a expressão de um fenótipo é a mesma, tanto em heterozigose quanto em homozigose. Geralmente, o alelo **dominante** codifica **produtos gênicos funcionais** que com apenas uma cópia são capazes de manter o funcionamento normal do corpo, podendo, portanto, ser considerado **haplossuficiente**. Já os **alelos recessivos**, na maioria dos casos, produzem proteínas que são defeituosas e acabam por serem **não funcionais** permitindo que o fenótipo recessivo seja expresso apenas em **homozigose**. Isto caracteriza uma **haploinsuficiência**, onde a presença do **alelo** responsável pela produção da **proteína funcional** não é suficiente para manter o funcionamento dos processos bioquímicos usuais das células.”

Desta resposta foram extraídas palavras-chaves consideradas essenciais para o entendimento da relação dominância/recessividade. Abaixo estão listadas as palavras-chave, com a abreviação em parênteses:

(DOM) Dominante/Recessivo;

(NUC) Sequência nucleotídica diferente nos alelos;

(PROT) Produto gênico funcional/Produto gênico não funcional;

(HET) Heterozigoto/Homozigoto;

(HAPLO) Haplossuficiente/Haploinsuficiente;

(ALE) Alelo.

Estas palavras-chaves serviram como referência para a análise das respostas dos alunos. Cada palavra se relaciona com um conceito, que foi elaborado de acordo com os livros textos citados anteriormente, e representam o conhecimento considerado satisfatório para que o estudante possa demonstrar que entendeu a relação de dominância e recessividade (Quadro 5). Portanto, se em sua resposta as palavras-chaves estivessem representadas e correspondessem aos conceitos estabelecidos por nós, consideraríamos que o aluno não teria concepções erradas para aquela palavra-chave.

Quadro5 - Representação e conceitos das palavras-chaves retiradas da resposta base.

PALAVRA-CHAVE	REPRESENTAÇÃO	CONCEITO
DOM	Representa o conhecimento do aluno a respeito de dominância completa.	O fenótipo determinado pelo alelo dominante é expresso tanto em homozigose quanto em heterozigose sendo o produto do alelo recessivo mascarado pelo primeiro.
NUC	Representa o conhecimento do aluno a respeito da noção de que existem alelos que possuem sequências nucleotídicas diferentes, e que, por isso, existe a produção de proteínas funcionais e não funcionais.	Cada alelo é formado por uma sequência nucleotídica e específica.
PROT	Representa o conhecimento do aluno a respeito da expressão dos alelos e da de que tanto a partir do alelo dominante quanto recessivo são transcritas proteínas, que serão funcionais e não funcionais, respectivamente.	Alelos dominantes codificam proteínas funcionais que resultarão em um fenótipo aparente. Já a partir do alelo recessivo transcreve-se proteínas não funcionais e, por isso, o fenótipo será aparente apenas em homozigose.

PALAVRA-CHAVE	REPRESENTAÇÃO	CONCEITO
HET	Representa o conhecimento do aluno a respeito da relação entre fenótipo e os alelos dominantes e recessivos.	Indivíduos heterozigotos e homozigotos expressam o mesmo fenótipo da característica dominante e o alelo recessivo expressa seu fenótipo apenas em homozigose.
HAPLO	Representa o conhecimento do estudante a respeito dos conceitos de haplossuficiência e haploinsuficiência.	Haplossuficiência é a condição onde a presença de apenas uma cópia do alelo produz proteínas funcionais suficientes para desenvolver um determinado fenótipo. Haploinsuficiência é quando uma cópia deste alelo não produz quantidade satisfatória de produtos em uma única cópia.
ALE	Representa o conhecimento do aluno a respeito da estrutura do alelo, assim como sua função (são base para a codificação de proteínas, conferindo variabilidade para diversas atividades no corpo), e onde se localiza.	Formas alternativas de um gene. São localizados nos cromossomos em uma região que é chamada de “ <i>Locus</i> ”. Eles podem ser do tipo selvagem ou mutante e, devido a isso, produzem proteínas diversas que são responsáveis pela grande variabilidade genética dos organismos.

A análise dos 48 exercícios apontou alguns achados que descrevemos a seguir. Por exemplo, 46 alunos (96%) usaram em sua resposta a palavra-chave DOM e 47 (97%) estudantes a ALE indicando que entendem os conceitos de que os alelos são formas alternativas de um gene, sua localização e que o fenótipo dominante depende, para sua expressão, da presença de um alelo dominante em homozigose ou heterozigose. Por outro lado, um número grande deles (38) não utilizou em suas respostas a palavras-chave NUC (Sequência nucleotídica diferente nos alelos); a palavra HAPLO (haplossuficiência e haploinsuficiência) não foi vista em 35 dos 48 exercícios (72%) (Gráfico 1).

No Gráfico 1 pode-se observar a ocorrência e distribuição dos conceitos das palavras que não foram mencionadas pelos estudantes no exercício. Este resultado pode significar que

os estudantes têm dificuldades para entender plenamente a relação de dominância e recessividade, pelo fato de algumas palavras-chaves não terem sido utilizadas pelos alunos, principalmente a NUC já que ela se refere à sequência nucleotídica diferente nos alelos e este conceito vincula o conhecimento da produção de proteínas diferentes pelos alelos e a transcrição e tradução destas sequências alélicas.

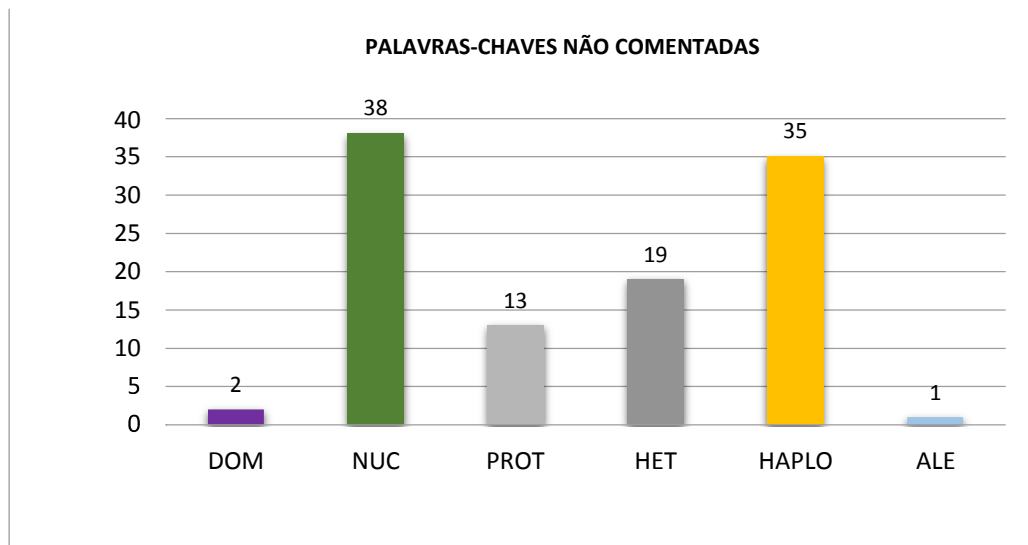


Gráfico 1 – Ocorrência e distribuição dos conceitos das palavras-chave não mencionadas pelos estudantes nos exercícios. DOM (dominância completa); NUC (Sequência nucleotídica diferente nos alelos); PROT (Produto gênico funcional/Produto gênico não funcional); HET (heterozigoto/homozigoto); HAPLO (Haplossuficiente/Haploinsuficiente); ALE (Alelo).

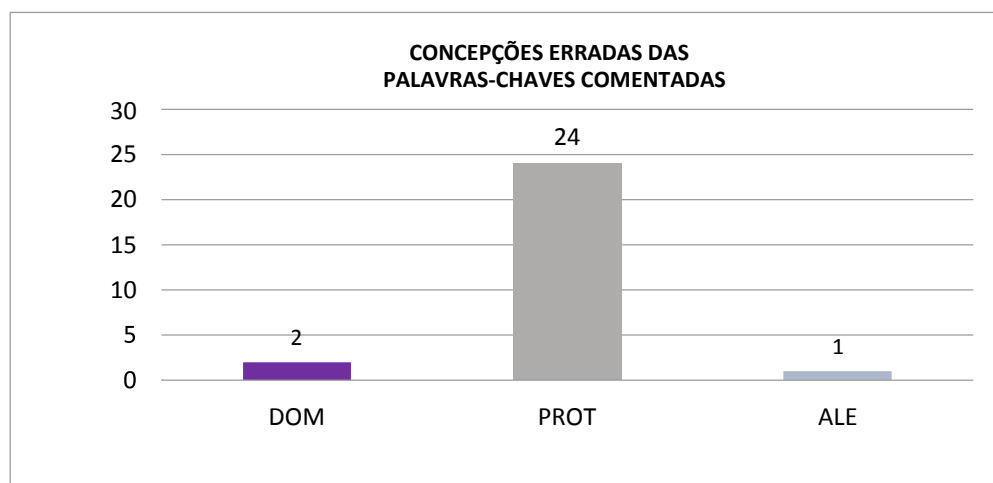


Gráfico 2 - Ocorrência e distribuição dos conceitos das palavras-chave mencionadas pelos estudantes nos exercícios. DOM (dominância completa); NUC (Sequência nucleotídica diferente nos alelos); PROT (Produto gênico funcional/Produto gênico não funcional); HET (heterozigoto/homozigoto); HAPLO (Haplossuficiente/Haploinsuficiente); ALE (Alelo).

A palavra-chave PROT (Produto gênico funcional/Produto gênico não funcional) representa o conhecimento de que tanto o alelo dominante quanto o recessivo expressam

produtos. Esta palavra-chave foi associada à maior ocorrência de erros, já que 24 de 35 estudantes que utilizaram esta palavra em sua resposta (68,5%), explicaram o porquê do alelo recessivo não ser expresso em heterozigose utilizando conceitos diferentes dos pré-estabelecidos por este trabalho como corretos. Ou seja, a maioria dos estudantes não indicou que a proteína do alelo recessivo não é funcional, pois responderam que o alelo não é transcrito, e que o dominante o impede de produzir proteínas. Netto (2012) também faz uma discussão relacionada a esse tema relatando que alguns estudantes do ensino superior acreditam que o alelo recessivo não é transcrito e se torna inativo em heterozigose.

Devido à maior porcentagem de erros dos estudantes para a palavra-chave PROT, ela foi escolhida para ser analisada em maior detalhe nas respostas dos estudantes. Conforme o tipo de erro que o estudante apresentou, podemos separá-los em três tipos principais que são mostrados abaixo com uma resposta representativa de cada tipo:

1) Dominante inibe o recessivo

“Dominância completa é caracterizada quando um alelo inibe ou suprime a manifestação do outro alelo...”

2) Recessivo produz em menor quantidade

“Proteínas dos genes dominantes sobressaem em termos de expressão os genes recessivos”

3) Recessivo não expressa produto

“Já a recessividade é a ausência da produção pelos alelos que se interagem”

Dentre os 35 estudantes que utilizaram a palavra-chave PROT em suas respostas, cerca de 41% responderam que o alelo recessivo não expressa nenhum produto, 35% consideraram que ele é inibido pelo alelo dominante e 23% que o alelo recessivo expressa menor quantidade de proteínas que o dominante.

Pinheiro (2010) relata uma investigação qualitativa com 60 alunos do 2º e 3º anos do ensino médio de uma escola de Porto Alegre, para quem foi aplicado um questionário. A primeira questão continha afirmações e os estudantes deveriam julgá-las como falsas ou verdadeiras e ainda justificar suas respostas. A primeira delas era falsa e era composta pelo

enunciado “Recessivo é o gene inibido pela ação de outro gene denominado ‘dominante’”. Quatro alunos acertaram a questão sendo que um deles justificou de forma errada (“pode ser epistasia, logo não precisa haver dominância ou recessividade”). Dentre os 56 que erraram a questão, alguns citaram que “o gene dominante domina a ação, inibindo o recessivo”.

No presente trabalho palavra-chave DOM (dominante/recessivo) também foi associada a erros conceituais por dois dos estudantes, sendo que 46 utilizaram esta palavra-chave em suas respostas. Esta palavra-chave representa o conhecimento do que é a dominância completa, ou seja, que o alelo dominante irá se sobressair em relação ao alelo recessivo em heterozigose. Foi observado que alguns estudantes escreveram que o alelo recessivo é sempre negativo e que é prejudicial para o indivíduo, além disto, outros confundiram o conceito com outros temas, como co-dominância e epistasia. Hernández e colaboradores (1993), ao analisarem os principais erros de 197 alunos do Ensino Médio por meio de um teste qualitativo de múltipla escolha (TREAGUST, 1987), observaram que 16,8% dos seus estudantes responderam que os alelos recessivos são responsáveis por proporcionar condições negativas ao funcionamento do corpo. Além disso, segundo os autores alguns dos estudantes (10,8%) acreditam que o alelo recessivo é menos frequente em uma população e que características menos frequentes nos indivíduos são sempre recessivas (21,3%); e 27,4% dos estudantes acreditam que o alelo dominante é herdado apenas pelo pai de uma família.

De modo geral, os alunos que participaram dessa parte da pesquisa pareceram ter dificuldades em explicar de forma clara o conceito de dominância e recessividade já que os termos básicos necessários para o entendimento do conteúdo (palavras-chave NUC e HAPLO) foram mencionados com pouca frequência e com explicação superficial. A maioria dos alunos responderam à pergunta utilizando apenas as palavras-chave DOM, PROT e ALE para explicar a relação de dominância e recessividade, sendo que a palavra-chave PROT teve a maior relação com erros conceituais (24 estudantes). Isso vai ao encontro da pesquisa, sobre a impressão de estudantes de Biologia na disciplina de genética, de Silva e Kalhil (2017) que perceberam que o aluno não fornecia uma interpretação completa de conteúdos dentro da disciplina de genética, e isto, conseqüentemente, fez o aluno ter uma percepção esporádica e superficial do conteúdo, não permitindo que ele interpretasse devidamente e entendesse os termos e conceitos.

4.2 ANÁLISE DE QUESTIONÁRIOS

4.2.1 Questionário 1

Ao se fazer as análises e obter as impressões dos 13 questionários, observou-se que os alunos apresentaram diferentes níveis de detalhamento de suas respostas. Alguns responderam as questões mais superficialmente, utilizando explicações mais básicas, outros mostraram mais detalhes em suas respostas e, ainda, houve estudantes que deixaram alguns itens em branco. A questão 1 item d e a questão 2 foram as menos respondidas (53% dos alunos as deixaram em branco). Elas abordam os temas de tradução e transcrição e o preenchimento do desenho sobre o processo de formação da melanina, respectivamente. Os itens a e c da questão 1 foram os que tiveram respostas mais detalhadas.

Os questionários dos estudantes foram nomeados com símbolos (D01 a D13) para serem identificados durante a análise. A investigação das respostas do questionário permitiu agrupá-las em quatro categorias:

Categoria 1 - Três estudantes (23%) que consideram que o alelo dominante inibe recessivo;

Categoria 2 – Dois estudantes (15%) que consideram que o alelo recessivo não expressa proteína defeituosa;

Categoria 3 – Dois estudantes (15%) com completo entendimento da relação de dominância/recessividade;

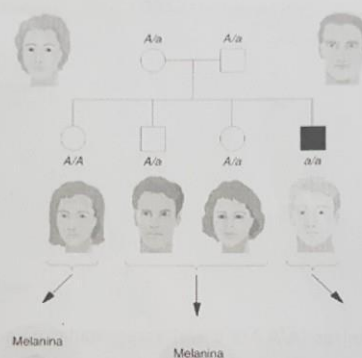
Categoria 4 – Outros – Seis estudantes (46%) que não forneceram informações suficientes.

CATEGORIA 1 (Alelo dominante inibe o recessivo)

Este grupo é composto pelos estudantes D03, D05 e D06. Todos eles mostraram que o fenótipo do alelo dominante irá sobressair em relação ao recessivo, sendo que seu fenótipo será expresso em homozigose. Isso pode indicar que os estudantes entendem o conceito de dominância completa. Além disso, os alunos resolveram de forma interpretativa o exercício que envolve heredograma, no item a da questão 1; alguns escreveram o tipo de herança presente (autossômica recessiva) e o tipo de doença (albinismo) (Figura 2).

QUESTÃO 1

QUESTÃO 1



a) O que você está observando nesta gravura? Descreva-a.

Um heredograma mostrando uma família com o gene do albinismo, esse gene é recessivo e apenas um dos filhos apresentou tal doença.

Figura 2 – Exemplo de resposta da categoria 1 para o item a da questão 1

O que chama atenção no grupo é que todos os três demonstraram dificuldade nos itens mais complexos do questionário e que exigem respostas mais detalhadas molecularmente. Um deles não respondeu o item d, que diz respeito ao conhecimento da transcrição e tradução; os outros dois fizeram o item de forma superficial, não mostrando estruturas mais detalhadas como o RNA mensageiro e a proteína. Contudo um deles indicou, através de um esquema simples, as fases sequenciais da transcrição, tradução e funcionamento da proteína (Figura 2). Os três falharam em mostrar a existência da proteína não funcional e a sequência diferente de alelos; além disso, não desenharam os processos bioquímicos na questão 2 para os alelos recessivo e dominante.

d) Essas letras possuem relação com a transcrição e a tradução? Se sim, faça um esquema simples e genérico, mostrando: uma letra da sua escolha (mostre se é dominante ou recessiva), transcrição, tradução e proteína.

Dime

A → Dominante: → Transcrição → Tradução → melanina

a → recessiva: → não tem transcrição → não tem tradução → não há a produção da melanina

(quando digo que não há transcrição e tradução, acima, me refiro ao gene específico responsável pela síntese de melanina).

Figura 3 – Exemplo de resposta da categoria 1 para o item d da questão 1.

Todos os alunos tiveram a concepção que o alelo dominante inibe o alelo recessivo (Figura 3) e que este, portanto, não é transcrito e nem traduzido e não gera proteína. Eles mostraram isso em suas respostas no item e, sendo que o aluno D06 também manifestou esta concepção no item d.

e) A relação entre as letras (A/A,A/a e a/a) apresentadas na gravura é de dominância e recessividade. Explique em termos genéticos e bioquímicos o que você entende por este processo.

Quando ocorre relação de dominância e recessividade um gene inibe a expressão do outro, fazendo com que apenas um seja expresso no determinado do fenótipo

Figura 4 – Exemplo de respostas da categoria 1 do item e feita pelo estudante D06. Nela pode-se observar a ideia que o alelo dominante “inibe” o alelo recessivo.

Em nossa análise, interpretamos que os alunos utilizam conteúdos mais simples (dominante expressa em heterozigose e homozigose e recessivo expressa seu fenótipo em homozigose) para tentar explicar porque o alelo dominante é expresso e o recessivo, não. Eles possivelmente não possuem os instrumentos conceituais científicos suficientes para que possam visualizar o processo da transcrição e tradução e das proteínas diferenciadas.

CATEGORIA 2 (Alelo recessivo não expressa produto)

Este grupo é composto pelos estudantes D02 e D07. Estes estudantes mostraram compreensão dos conceitos de dominância completa e heredograma, respondendo os itens com detalhes utilizando conteúdos ao nível molecular sobre dominância e recessividade. A resposta do aluno D02 para o item d, por exemplo, mostrou detalhes sobre a tradução e transcrição, por meio de desenhos das estruturas de RNAm, RNAt, ribossomos, nucleotídeos e proteínas, mas falhou em mostrar a relação do alelo “A” com o “a” já que representou apenas o primeiro (Figura 5).

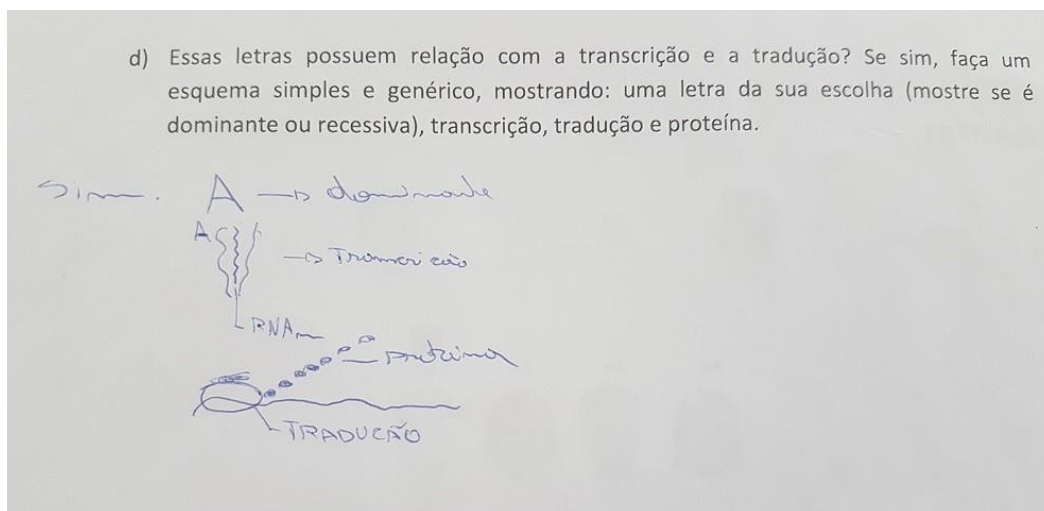


Figura5– Resposta da categoria 2 do item d feita pelo estudante D02.

No item a todos os estudantes responderam de forma descritiva o item. O estudante D02 respondeu de forma simplificada e superficial, respondendo “Heredograma de uma família”, e o estudante D07 citou o tipo de doença presente no heredograma.

Ambos desenharam com detalhe a questão 2, mostrando os processos moleculares e desenhando as proteínas. Porém, ambos deixaram de citar a proteína não funcional e escreveram que o alelo recessivo é transcrito, mas não traduzido. A figura 6 exemplifica isso mostrando a questão 2 feita pelo estudante D07. Este também escreveu, na questão 1 item e, que o indivíduo a/a supostamente não teria o “gene” ou o “código genético” para a produção da proteína responsável por formar o fenótipo da melanina (Figura 7), e que por isso, provavelmente o alelo recessivo não seria traduzido pelo corpo.

QUESTÃO 2

Tendo o processo de formação da melanina exemplificado pelo A/A, como modelo, desenha o processo completo para o A/a e o a/a.

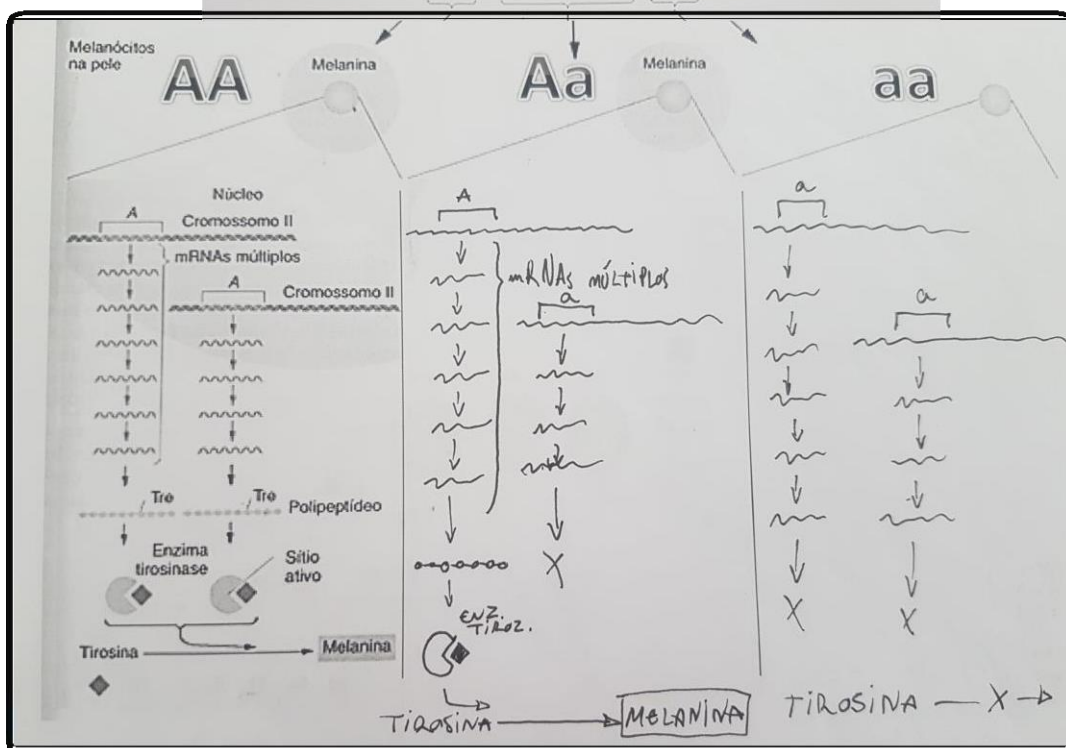
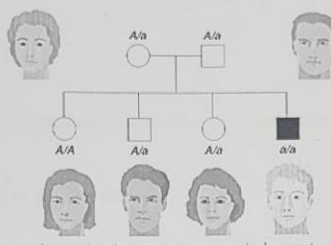


Figura 6 - Respostas da categoria 2 da questão 2 feitas pelo aluno D07.

e) A relação entre as letras (A/A, A/a e a/a) apresentadas na gravura é de dominância e recessividade. Explique em termos genéticos e bioquímicos o que você entende por este processo.

OS DOMINANTES A/A E A/a POSSUEM O CÓDIGO QUE PERMITE A PRODUÇÃO DE MELANINA ENQUANTO O RECESSIVO a/a NÃO POSSUI ESSE CÓDIGO.

Figura 7 - Resposta da categoria 2 da questão 1 do item e feita pelo aluno D07.

O estudante D02 não soube fazer o item e da questão 1 e a questão 2, porque respondeu com uma interrogação. Pode-se notar que ele respondeu detalhadamente o item d. Ele não representou o processo bioquímico completo na questão 2 (Figura 8) porque ele não desenhou a proteína funcional. Este aluno pode não estar relacionando o conteúdo da genética, porque ele desenhou detalhadamente o item d, mas não representou a proteína funcional na questão 2. O fato dele não ter feito o item e pode indicar que ele não entende a relação entre o alelo dominante e o recessivo e a formação da proteína funcional e não funcional.

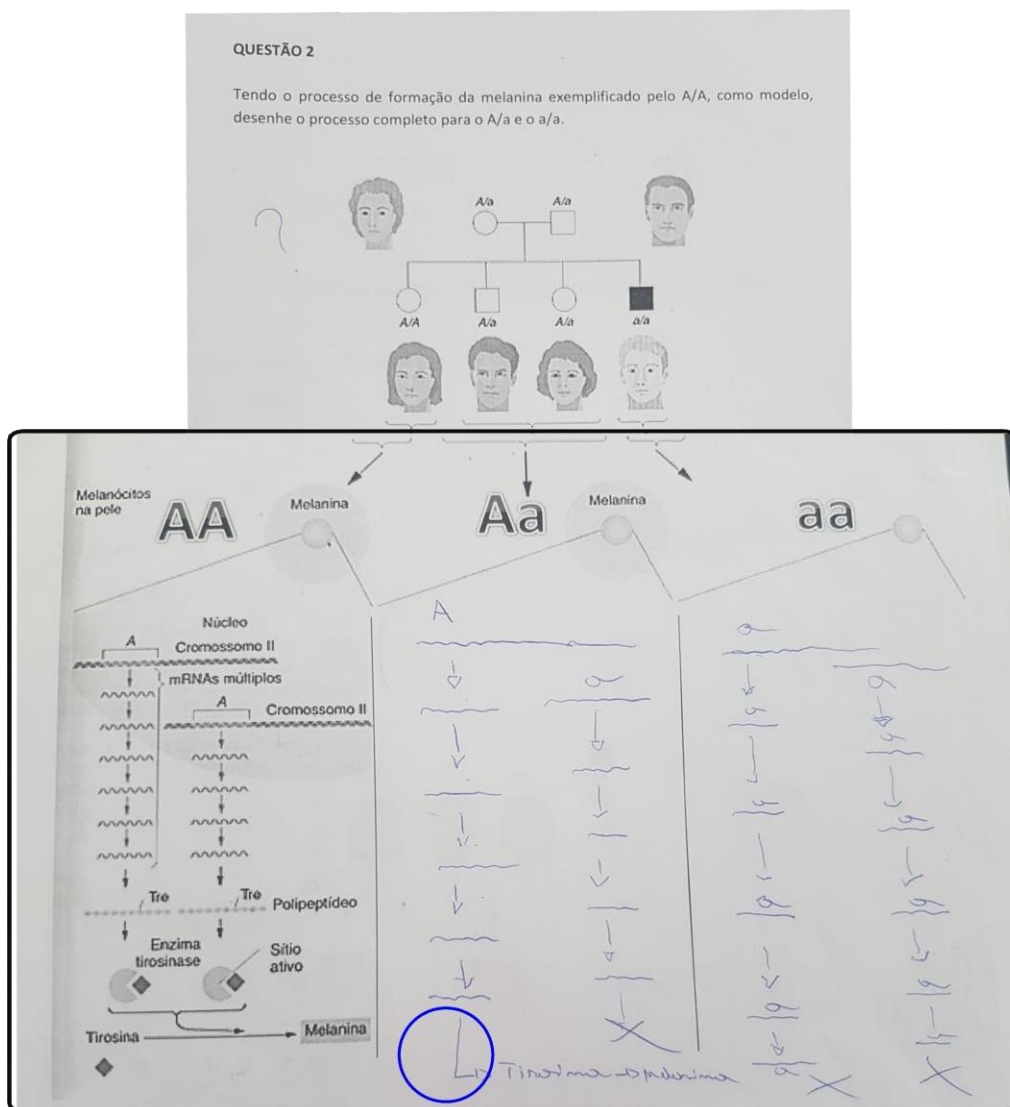


Figura 8 – Resposta da categoria 2 da questão 2 do estudante D02. O círculo azul indica ausência do desenho ou esquema da enzima tirosinase interagindo com a proteína formada pela fita de mRNA.

As concepções dos estudantes nesta categoria (Alelo recessivo não expressa produto) parecem pertencer a alunos que relacionam os conteúdos de genética molecular, como os processos de tradução e transcrição e a formação da melanina. Este fato pode influenciar para que saiba que o alelo recessivo é transcrito e não é inibido pelo dominante. Contudo os conceitos dos estudantes desta categoria para explicar porque o alelo recessivo só expressa seu fenótipo em homozigose parecem estar relacionados com a falta de tradução do alelo recessivo e não da formação de uma proteína não funcional. Além disso, estes estudantes não demonstraram saber da presença da proteína não funcional e somente o estudante D07 citou indiretamente a sequência diferentes dos alelos (Figura 7).

CATEGORIA 3 (Estudantes que entendem Dom/Rec)

Este grupo é composto por dois estudantes (D04 e D09) que mostraram entender mais profundamente a relação de dominância e recessividade. Eles demonstraram através das suas respostas o conceito de dominância completa e os conceitos mais complexos como transcrição e tradução ao nível molecular, e a necessidade de se ter sequências nucleotídicas diferentes para alelos e a presença de proteínas não funcional e funcional.

O aluno D04 desenhou na questão 2 de forma completa, mostrando, tanto para o par A/a quanto para a/a, as proteínas funcionais e não funcionais, os processos bioquímicos, representando a tirosina e a melanina, assim como demonstrou que ambos alelos, recessivo e dominante, são transcritos e traduzidos (Figura 9). O estudante ainda mostrou, no item e, saber da existência da sequência nucleotídica diferente nos alelos, e que ela é responsável pela expressão de formas diferentes das proteínas. Neste mesmo item, o estudante escreveu que o alelo dominante é “mais forte” que o alelo recessivo (Figura 10).

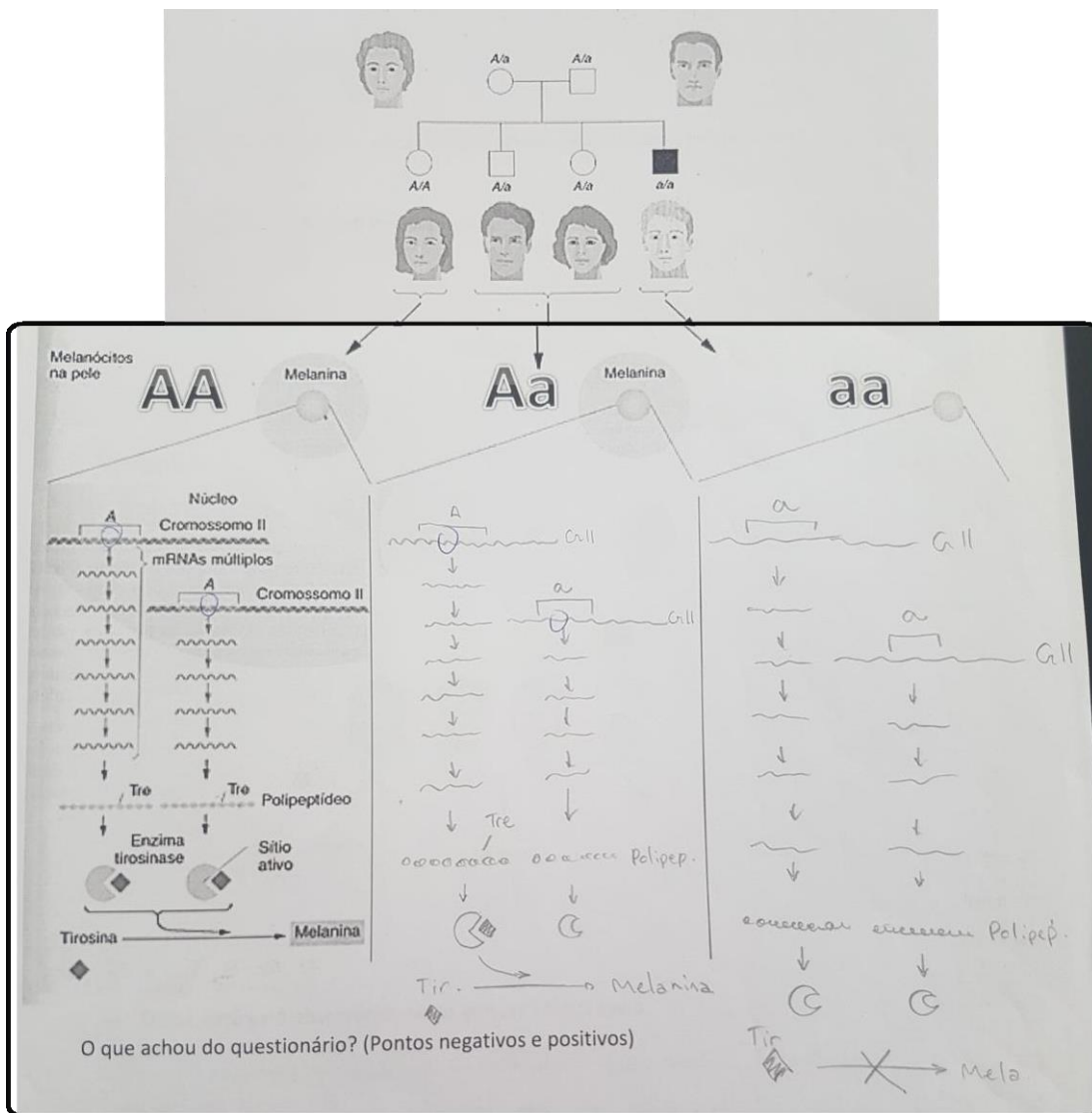


Figura 9 – Resposta da categoria 3 da questão 2, feita pelo aluno D04.

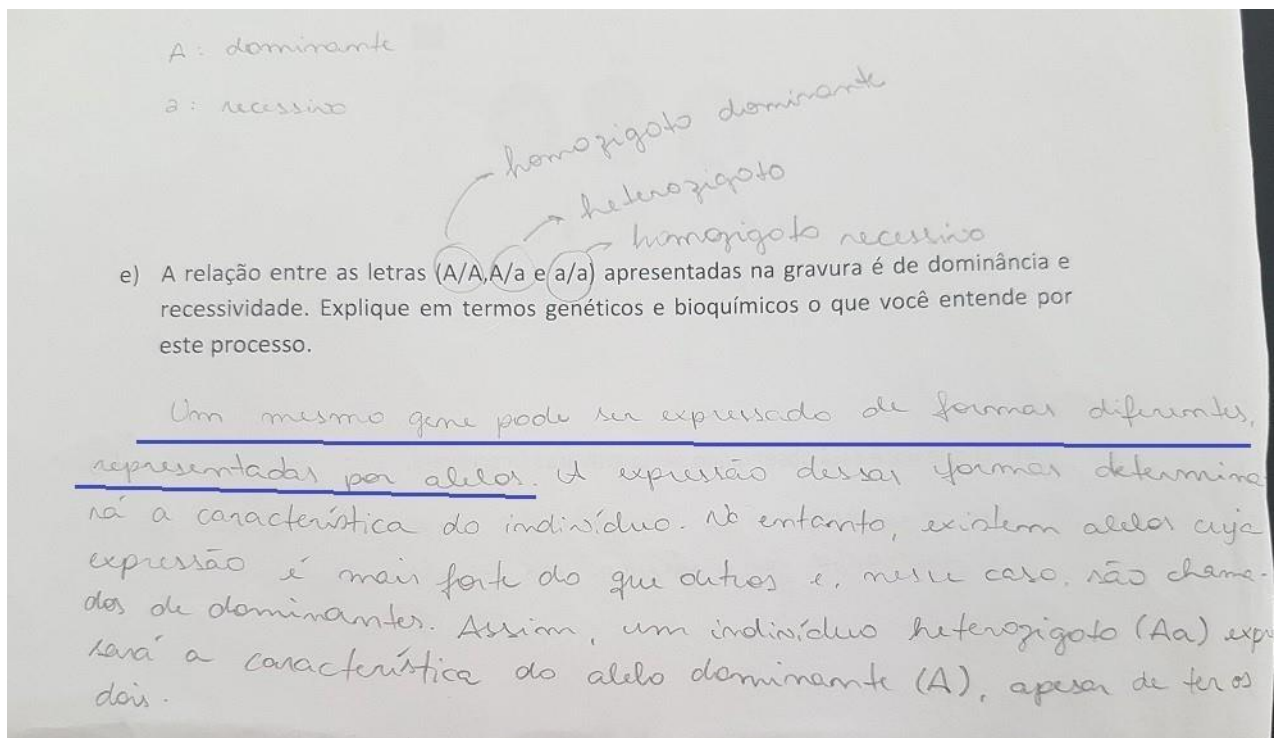


Figura 10 - Resposta da categoria 3 do item e do aluno D04.

O aluno D09 escreveu no item d que os alelos “A” e “a” resultam em proteínas diferentes, e o processo de transcrição e tradução e proteína acontecem normalmente nos dois. Isto pode indicar que ele tem o conhecimento que os alelos possuem uma sequência diferente de nucleotídeos e estão relacionados com a produção de proteínas distintas, além de considerar também que tanto alelo recessivo quanto dominante são transcritos e traduzidos em homozigose e heterozigose (Figura 11). Na questão 2 o estudante D09 desenhou a transcrição e tradução para o alelo dominante, porém não desenhou para o alelo recessivo. Ele indicou também no exercício a proteína funcional para o alelo dominante, assim como a representação da tirosina e melanina, porém não desenhou a proteína não funcional para o alelo recessivo (Figura 12).

d) Essas letras possuem relação com a transcrição e a tradução? Se sim, faça um esquema simples e genérico, mostrando: uma letra da sua escolha (mostre se é dominante ou recessiva), transcrição, tradução e proteína.

No caso dessa dominância,
A e a resultaram em ~~uma~~ ~~proteína~~
~~proteína~~ proteínas diferentes.
Nos o processo de transcrição,
tradução e proteína acontece
normalmente nos dois.

Figura 11 – Resposta da categoria 3 do item d da questão 1 feita pelo aluno D09.

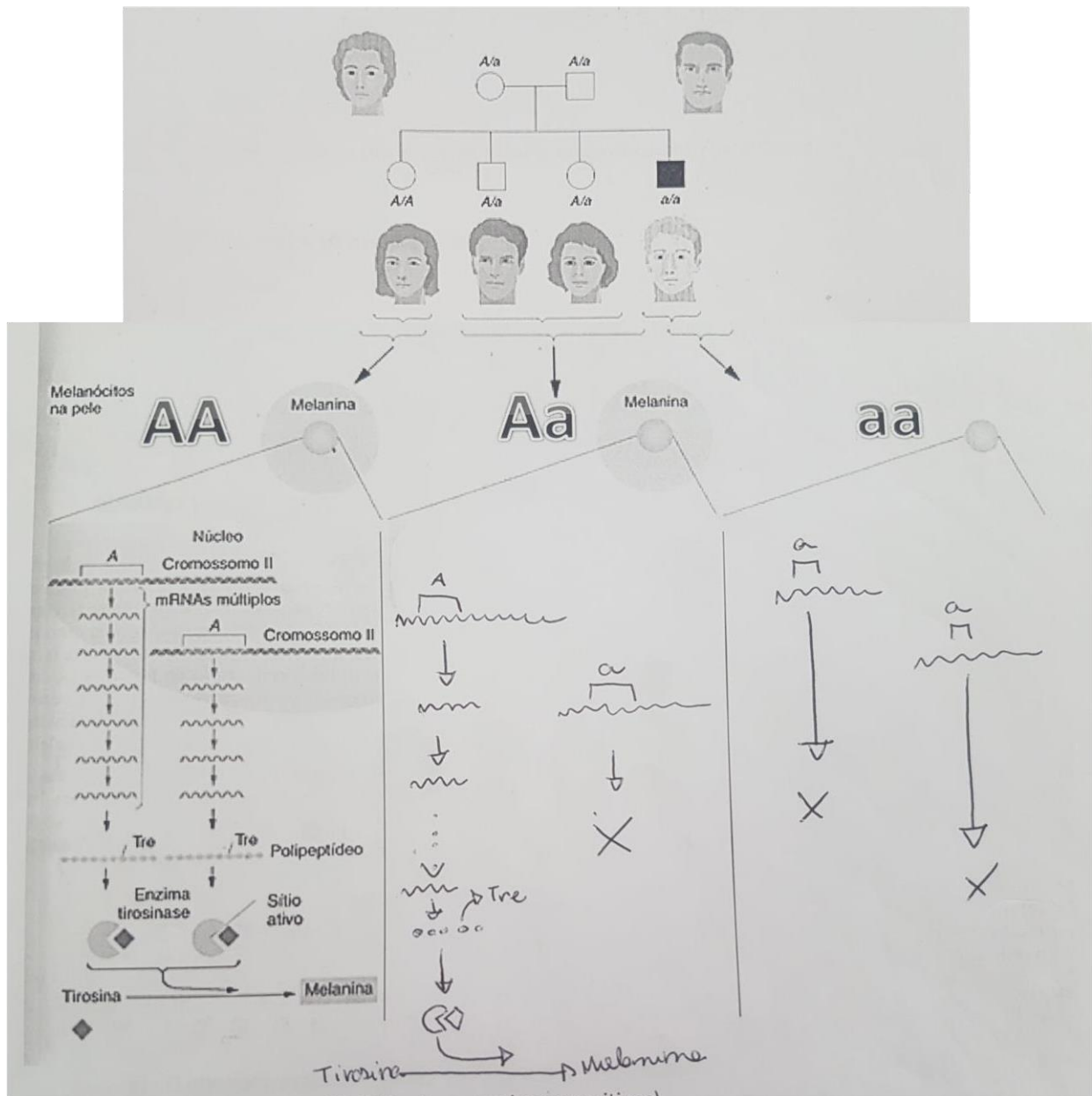


Figura 12 – Resposta da categoria 3 da questão 2 feita pelo aluno D09.

As respostas dos estudantes nesta categoria (estudantes que entendem sobre a relação de dominância e recessividade) mostraram mais informações a respeito do conteúdo de genética ao nível molecular, como a transcrição e a tradução. Além disso, o estudante D04 mostrou saber da existência da proteína não funcional e ambos os estudantes D04 e D09 mostraram que ambos alelos “A” e “a” são transcritos, traduzidos e geram proteínas diferentes.

CATEGORIA 4 - OUTROS

A categoria 4 agrupou os alunos que não deixaram claro o seu conhecimento sobre a relação entre alelo dominante e recessivo, e por terem feito poucos itens do questionário, as informações presentes não foram suficientes para se chegar a uma conclusão.

A aplicação do questionário 1 foi feita nos 20 minutos finais da aula, após os alunos terem feito diversas atividades. Este fator pode ter colaborado para que os alunos ficassem cansados e desestimulados a responder as questões do questionário (mesmo tendo aceitado a participar da pesquisa) porque muitas delas ficaram em branco. Além disso, foi elaborada uma pergunta no final do questionário que seria um espaço para que o estudante tivesse liberdade para escrever sobre os pontos positivos e negativos da atividade. Mais de 60% dos estudantes disse que o questionário estava grande e confuso, e alguns ainda acrescentaram que ficaram com preguiça de fazê-la. Em consequência disso, muitos estudantes podem ter se sentido confusos e não conseguiram responder à questão. Outra consideração que merece destaque é o item b cujo objetivo era verificar o conhecimento dos estudantes a respeito da diferença entre os alelos “A” e “a” ao nível genético. Os estudantes deveriam mostrar que ambos alelos possuíam sequências diferentes e que são formas alternativas de um mesmo gene. Apesar de todos os alunos terem respondido o item, a maior parte deles o explicou de forma simplificada, dizendo apenas que o alelo “A” representa o dominante e o “a” representa o recessivo. Somente um dos estudantes citou que os alelos são formas alternativas do gene; e nenhum aluno comentou que os alelos possuem sequências de nucleotídeos diferentes. Este resultado tem um paralelo com os resultados encontrados por Pinheiro (2010) em que 60 respostas apenas 22 alunos acertaram a afirmativa “Alelo é uma das formas diferentes de um gene que pode existir em um dado loco”, dizendo que a afirmativa era verdadeira. Destes, apenas dois alunos justificaram sua resposta de forma correta e todos outros erraram, mostrando não compreender a relação entre gene e alelo.

4.2.2 Questionário2

Como relatado na metodologia, devido a alguns problemas de estrutura e aplicação do questionário 1 decidiu-se por realizar uma nova investigação para que dados mais consistentes pudessem ser coletados. Alguns itens foram assim modificados e o questionário 2 foi apresentado em uma diferente configuração e formatação.

O questionário 2 foi aplicado para uma nova turma noturna da disciplina “Laboratório de Ensino de Genética” no 1º semestre de 2019. Utilizaram-se os 40 primeiros minutos da aula. Concordaram em participar da pesquisa 16 alunos. Diferentemente do questionário 1, nenhuma questão foi deixada em branco e todos os estudantes se mostraram dispostos a respondê-lo.

A parte 1 e 2 do questionário foram entregues separadamente aos estudantes com o intuito de se verificar qual é o seu conhecimento sobre o conteúdo de relações alélicas antes de fazer a parte 2. As perguntas do questionário vão se tornando mais complexas e, ao final, as informações das perguntas anteriores vão sendo incorporadas às novas questões. Assim, por exemplo, a segunda parte contém informações, no item a, que poderiam induzir respostas de itens anteriores, já que representa como a melanina é formada, mostrando a sequência nucleotídica do alelo recessivo com a presença de um sítio mutante. O que se esperava dos estudantes é que eles vissem esta informação no desenho, e pudessem relacionar a ausência da produção de melanina do indivíduo albino com a formação de uma enzima com sítio ativo defeituoso. Eles poderiam justificar no item b da parte 2 se alterariam sua opinião a respeito do conceito que eles responderam na parte 1. Dessa forma, seria possível saber se eles tinham conhecimento para entender todo o conteúdo, ao preencher corretamente o desenho da Parte 2, mas não tinha a percepção do processo como um todo ao responder a primeira parte ou se não tinham absolutamente compreendido os conceitos, ao persistir nos erros mesmo após ter parte da informação sobre as proteínas envolvidas na produção de melanina.

Parte 1 Item a

Todos os estudantes mostraram saber o significado dos símbolos do heredograma assim como e interpretá-lo, escrevendo sobre o tipo de herança presente na atividade, assim como a doença e até a proporção fenotípica em que ela aparece na família. Houve estudantes que responderam de forma mais detalhada e outros de forma mais simples. Alguns cometeram erros em suas respostas como, por exemplo, dizer que o tipo de herança mostrada é “homozigótica dominante”, sendo que, na realidade, é uma herança autossômica recessiva. Um deles escreveu que albinismo é ausência de melanócitos na pele.

As respostas a este item no questionário 2 mostrou ser mais eficiente do que no questionário 1, pois eles foram respondidos com mais interpretação pelos estudantes ao invés de ser descritiva. Eles colocaram mais detalhes para explicar o que o enunciado pedia. Vale ressaltar que o enunciado no questionário 2 estava mais direto e pedia explicações do que

representava a figura levando em conta os símbolos genéticos, enquanto o enunciado do questionário 1 pedia para descrever o que se observava na figura.

Parte 1 item b

A expectativa de resposta para este item incluía dizer que os alelos são formas alternativas do gene que possuem sequências de nucleotídeos diferentes e que, por isso, produzem proteínas diferentes. Todos os estudantes responderam de forma superficial o item escrevendo que o “A” representa o alelo dominante e o “a” representa o alelo recessivo e nenhum deles escreveu sobre suas sequências nucleotídicas diferentes. Este item do questionário 2 não trouxe mais informações que o item b do questionário 1, porque em ambos os estudantes forneceram respostas superficiais.

Parte 1 item c Parte 2

O item c da Parte 1 e os dois itens da Parte 2 foram analisados em paralelo. O item c tinha o seguinte enunciado: “A relação entre as letras A/A e a/a na gravura é de dominância e recessividade. Explique como estas interações se relacionam em termos genético-bioquímicos (transcrição, tradução, proteína).” Este item traz uma pergunta muito semelhante à apresentada na primeira parte deste trabalho que analisou as respostas vindas de um banco de dados de uma professora da disciplina em anos anteriores. As respostas dos alunos para este item, foram relacionadas com as respostas dos itens a e b da Parte 2. No item a os alunos tiveram que desenhar o processo de produção da melanina para os pares A/a e a/a tirando como referência um desenho já iniciado, feito para o par A/A (Figura 1). Logo em seguida, o item b perguntava se o estudante queria mudar a sua resposta do item c da parte 1, após ter feito o desenho do item a.

A tabela 1 mostra os acertos (+) e os erros (-) cometidos pelos estudantes no item c (parte 1) e nos itens a e b (parte 2) assim como observações sobre as justificativas dos mesmos para o item b (parte 2).

Tabela1 – Erros e acertos das respostas dos estudantes para os itens c (parte 1) e itens b e a (parte 2). (-) indica que a resposta não foi satisfatória e (+) que foi acerto.

ALUNO	PARTE 1	PARTE 2		OBSERVAÇÃO
	ITEM C	ITEM A	ITEM B	
E01	-	-	-	Justificou errado
E02	-	+	-	Justificou errado
E03	-	-	-	Não mudaria item c
E04	-	+	-	Não justificou
E05	-	-	+	Justificou certo
E06	-	+	-	Não mudaria item c
E07	-	+	+	Justificou certo
E08	-	-	-	Não Justificou
E09	-	+	+	Justificou certo
E10	-	-	-	Justificou errado
E11	-	-	-	Não justificou
E12	-	+	+	Justificou certo
E13	-	-	-	Justificou errado
E14	-	-	-	Não justificou
E15	-	-	-	Não justificou
E16	-	-	-	Não mudaria item c

Pode-se perceber que nenhum estudante acertou o item c da parte 1, sendo que nove estudantes erraram os três itens, três estudantes erraram o primeiro e acertaram os dois últimos e um aluno errou os dois primeiros e acertou o último.

Após fazer a análise das respostas do item c (parte 1) do questionário 2, observou-se que, da mesma forma que na análise do questionário 1, os estudantes poderiam ser separados de acordo com a sua explicação para a interação entre alelos dominante e recessivo, nas seguintes categorias:

Categoria 1 - Um estudante que consideram que o alelo dominante inibe recessivo;

Categoria 2 – Seis estudantes que consideram que o alelo recessivo não produz proteínas;

Categoria 3 – Nenhum estudante com completo entendimento da relação de dominância/recessividade;

Categoria 4 – Outros – Sete estudantes que não forneceram informações suficientes.

Categoria 5 – Dois estudantes que consideram que o alelo recessivo expressa produtos em quantidades baixas.

CATEGORIA 1 (Alelo dominante inibe o recessivo)

Esta categoria inclui o estudante E04 que indicou em suas respostas no item c que o alelo dominante inibe o alelo recessivo. O E04 errou o item c (parte 1), acertou o item a e errou o item b da parte 2. O aluno respondeu o item c da parte 1 de forma superficial, sem utilizar os termos pedidos no enunciado (transcrição, tradução e proteína) e escrevendo ainda que o alelo dominante inibe o alelo recessivo em heterozigose. Este aluno mostrou que entendeu a interação do alelo dominante e recessivo, desenhando corretamente no item a da parte 2 (Figura 13) o RNAm com uma parte mutante, o sítio ativo defeituoso da enzima tirosinase e mostrou que somente o complexo “tirosinase-tirosina” irá gerar melanina. Porém este estudante justificou inadequadamente sua resposta ao item b, não escrevendo como mudaria sua resposta no item c da Parte 1.

Parte 2

A figura abaixo representa como o processo molecular da produção da melanina em um indivíduo A/A ocorre, com a enzima tirosinase transformando a tirosina no pigmento escuro. Usando os mesmos símbolos, represente os processos dos indivíduos A/a e a/a.

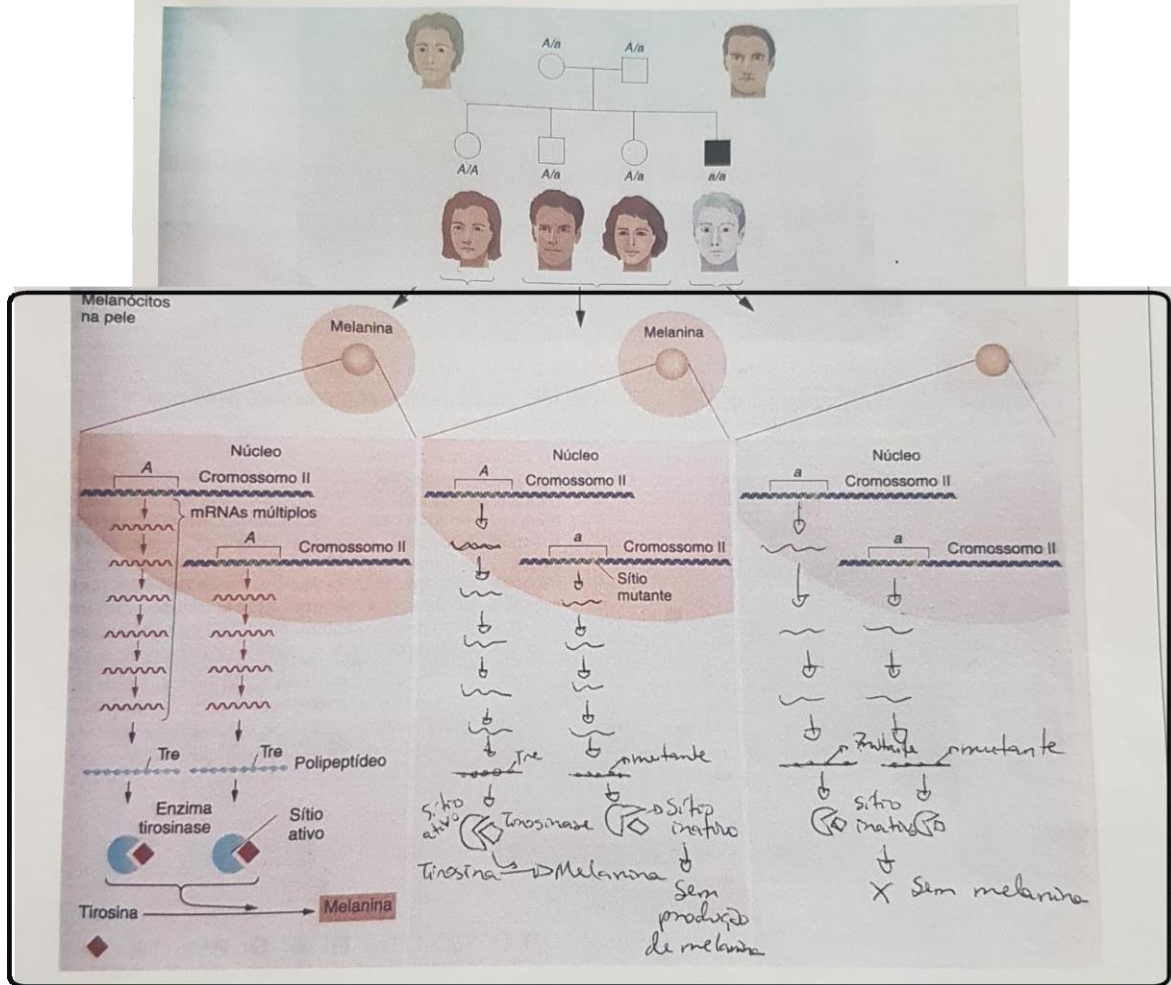


Figura 13 – Resposta da categoria 1 do estudante E04 do item a da parte 2.

CATEGORIA 2 (Alelo recessivo não expressa produto)

Esta categoria é composta por seis estudantes (E01, E02, E12, E14, E15, E16), todos eles escreveram no item c (parte 1) que o alelo recessivo não expressa produto. A maioria deles utilizou as palavras transcrição, tradução e proteína para tentar responder o item c (parte 1) e dois fizeram o item de forma superficial, apenas escrevendo que o indivíduo é albino por causa da “ausência” de produção da melanina pelo alelo recessivo.

Alguns estudantes (E01, E14, E15, E16) erraram os três itens (item c da parte 1, item a da parte 2 e item b da parte 1, indicando que não dominaram o conteúdo mesmo depois de terem feito o item a da parte 2. A figura 14 mostra que o estudante E16, por exemplo, errou o item a da parte 2 deixando em branco a parte do alelo recessivo para os pares A/a e a/a no item a da parte 2, desenhando apenas o par A/A. Para resolver o item c, o aluno escreveu que o alelo "A" tem a "sequência correta para a transcrição" e o "a" não tem e que por isso ele não irá produzir proteínas. Ele continuou persistindo no erro respondendo no item b que não mudaria sua resposta no item c (parte 1) e que, apesar de não conhecer profundamente os mecanismos moleculares, sua resposta parece satisfatória para ele .

Parte 2

A figura abaixo representa como o processo molecular da produção da melanina em um indivíduo A/A ocorre, com a enzima tirosinase transformando a tirosina no pigmento escuro. Usando os mesmos símbolos, represente os processos dos indivíduos A/a e a/a.

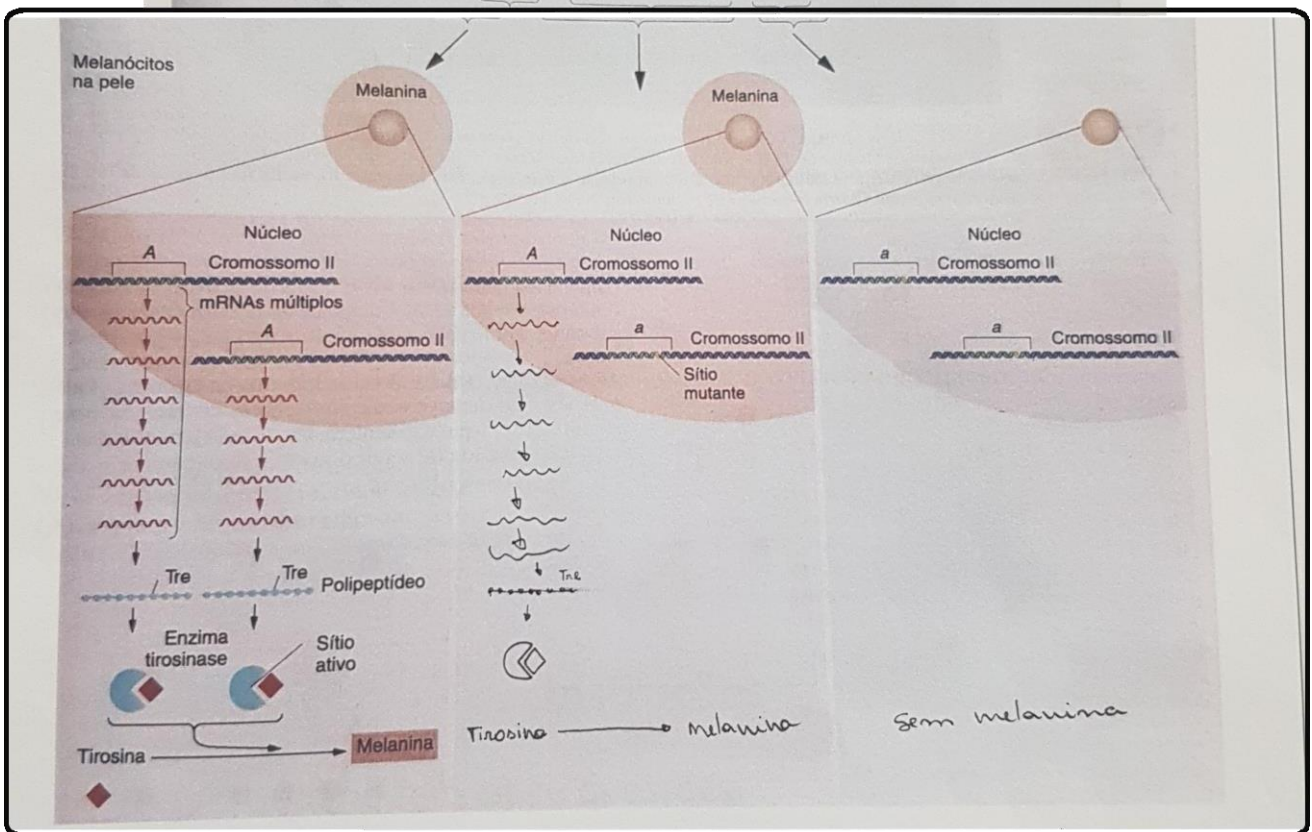
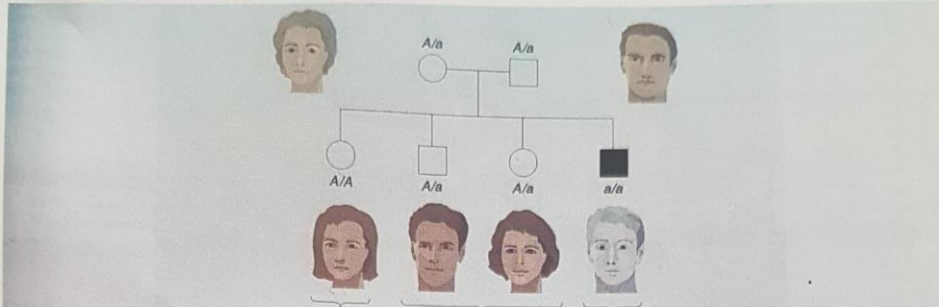


Figura 14 – Resposta da categoria 2 do estudante E16 do item a da parte 2.

O estudante E15 mostrou também ter dificuldade de relacionar o conteúdo da transcrição e tradução de proteínas com a relação alélica e a produção de melanina, porque no item a (parte 1) ele escreveu que o indivíduo afetado é albino devido à ausência de produção da melanina causada pela não produção do produto pelo alelo recessivo, inclusive o estudante deixou o desenho do par a/a e do alelo "a" no par A/a (no item a da parte 2) em branco. Contudo no item c (parte 1) o estudante escreveu "(...) na ausência do dominante, o recessivo

(a/a) será transcrito e traduzido”, sendo que no item b (parte 2) o estudante escreveu que não mudaria sua resposta no item c (parte 1), porém não justificou sua resposta.

O estudante E12 mostrou que aprendeu o conteúdo da relação entre os alelos dominante e recessivo após fazer o item a da parte 2, pois acertou o item e ainda justificou corretamente o item b (parte 2). Ele escreveu no item c (parte 1) que o alelo recessivo não irá produzir melanina, porém acertou o item a da parte 2 (Figura 15) e mostrou que alterou seu modo de pensar escrevendo no item b que não há ligação entre a enzima tirosinase e a proteína tirosina e que por isso a melanina não será produzida.

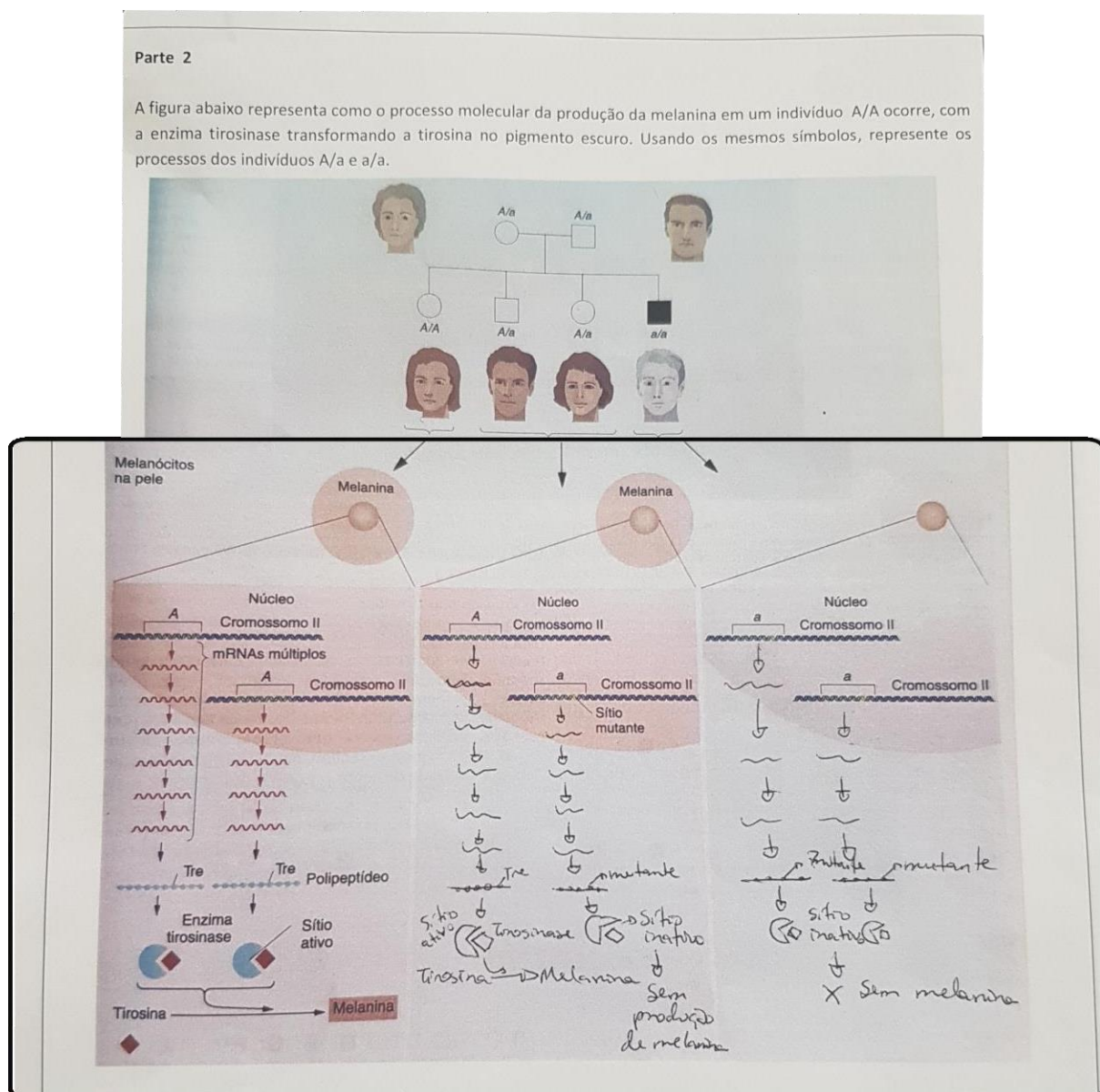


Figura 15 – Resposta da categoria 2 do estudante E12 do item a da parte 2.

O estudante E02 errou o item c (parte 1) escrevendo que o alelo recessivo não será transcrito, traduzido e não irá produzir proteínas. O aluno acertou o item a (parte 2), mostrando o RNAm com a presença de uma mutação e também ilustrou de forma correta a enzima tirosinase, mostrando o sítio ativo defeituoso assim como a não formação da melanina indicando que a enzima tirosina não irá se ligar na enzima. No item b (parte 2) o estudante mostrou que mudou sua forma de pensar e aprendeu parte do conteúdo após fazer o item b (parte 2), porque ele escreveu em sua resposta que “o alelo é transcrito”, Contudo ele escreveu também que a tradução não será completada, por causa da mutação, e que por isso a melanina não será formada.

CATEGORIA 3 (completo entendimento da relação de dominância/recessividade)

Não houve estudantes nesta categoria.

CATEGORIA 4 (OUTROS)

Nesta categoria foram agrupados os estudantes (E05, E06, E07, E08, E09, E10, E11) que não deixaram claro sua explicação sobre a interação dos alelos dominante e recessivo, sendo que suas respostas para o item b (parte 1) foram superficiais escrevendo que “o alelo recessivo “a” necessita estar em homozigose para manifestar seu fenótipo”.

O estudante E09 mostrou que aprendeu o conteúdo da relação entre os alelos dominante e recessivo após fazer o item a da parte 2, pois acertou o item e ainda justificou de forma correta o item b (parte 2). Ele errou o item c dizendo “Não me recordo com precisão de como ocorre a interação alélica”, porém a figura 16 mostra que ele acertou o item a da parte 2 e acertou o item b mostrando que entendeu a relação de dominância e recessividade escrevendo sobre a produção de proteínas diferentes e sua consequência para a produção de melanina.

Parte 2

A figura abaixo representa como o processo molecular da produção da melanina em um indivíduo A/A ocorre, com a enzima tirosinase transformando a tirosina no pigmento escuro. Usando os mesmos símbolos, represente os processos dos indivíduos A/a e a/a.

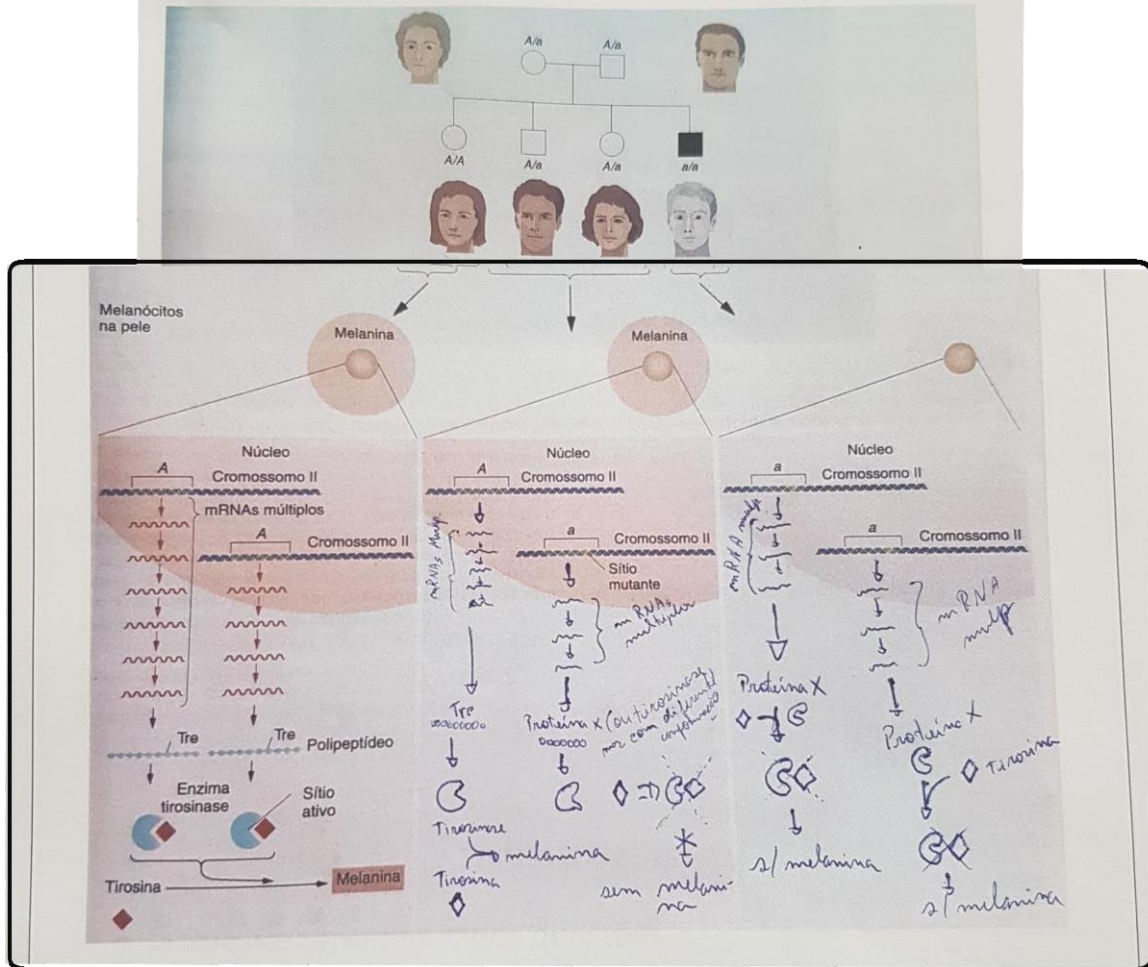


Figura 16 – Resposta da categoria 4 do estudante E09 do item a da parte 2.

Foi observado ainda um estudante (E05) que errou os itens c (parte 1) e a (parte 2), porém acertou o item b (parte 2). Este estudante respondeu no item c que não sabe estabelecer uma relação clara dos alelos dominante e recessivo, contudo ele comentou que ambos expressam proteínas. No item a (parte 2) o aluno desenhou corretamente o RNAm, mostrando a parte mutante sem a presença do aminoácido Tre (treonina), porém, ele desenhou a tirosina defeituosa ao invés da enzima tirosinase (Figura 17). Mesmo cometendo um pequeno equívoco no desenho do item a, o aluno mostrou ter ideia do processo já que acertou o item b

(parte 2) justificando corretamente a relação de dominância e recessividade, inclusive mencionando que a enzima é a proteína defeituosa (Figura 17).

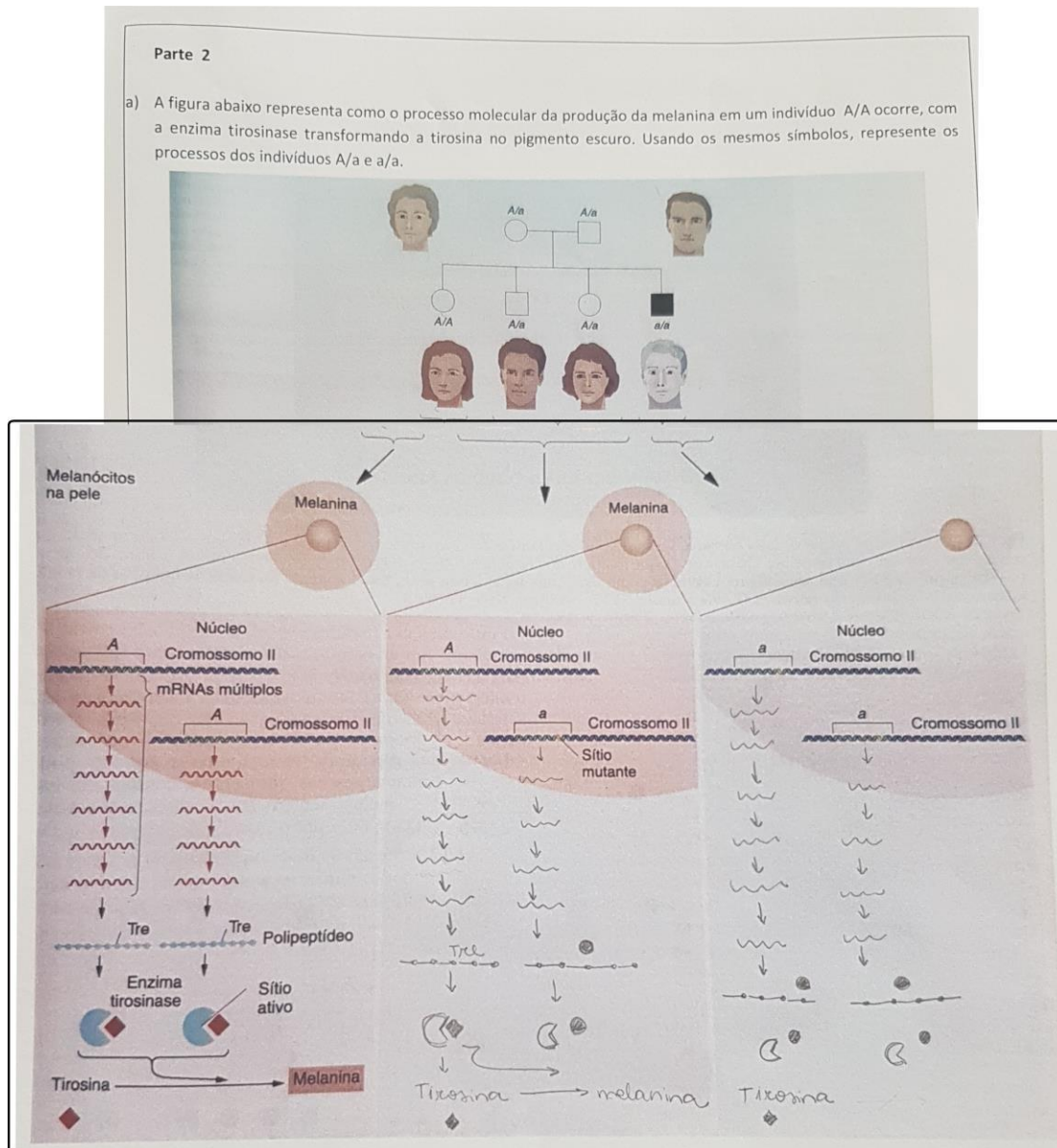


Figura 17 – Resposta da categoria 4 do estudante E05 do item a da parte 2.

Outra análise que merece destaque é da resposta do estudante E07. Ele escreve no item c (parte 1) que ambos alelos (dominante e recessivo) serão transcritos e traduzidos em proteínas, porém ele responde que em heterozigose apenas o alelo “A” irá expressar, não deixando claro sua explicação para a relação entre os alelos “A” e “a”. No item a da parte 2 (Figura 18) ele acerta o item, desenhando o RNAm com uma parte mutante e indicando que não há formação de melanina porque a tirosina não consegue se ligar no sítio ativo da tirosinase. Já no item b (parte 2) o estudante demonstra em sua justificativa que ele entendia

Ambos os estudantes E03 e E13 erraram os itens c (parte 1) e o item a e b (parte 2). Eles responderam o item c explicando que o alelo recessivo irá produzir proteínas em quantidade mais baixa que no dominante, sendo que o primeiro respondeu o item utilizando os termos “transcrição, tradução e proteínas” e o segundo explicou de forma superficial sem utilizar estas palavras. Estes estudantes mostraram que não entenderam claramente a relação entre os alelos dominante e recessivo porque eles erraram o item a e justificaram de forma errada o item b (parte 2) (Figura 19). O estudante E03, por exemplo, desenhou o aminoácido tirosina ao invés do sítio ativo da enzima tirosinase como sendo deformado. Apesar disso, ele desenhou o RNAm com a presença da mutação, indicando que entendeu que a formação da melanina não será feita porque não há ligação entre a proteína tirosina e o sítio ativo da enzima tirosinase. Mas no item b (parte 2) o estudante disse que não mudaria sua resposta no item c (parte 1) e que o processo bioquímico apresentado no item a (parte 2) é só um exemplo de um dos casos da recessividade.

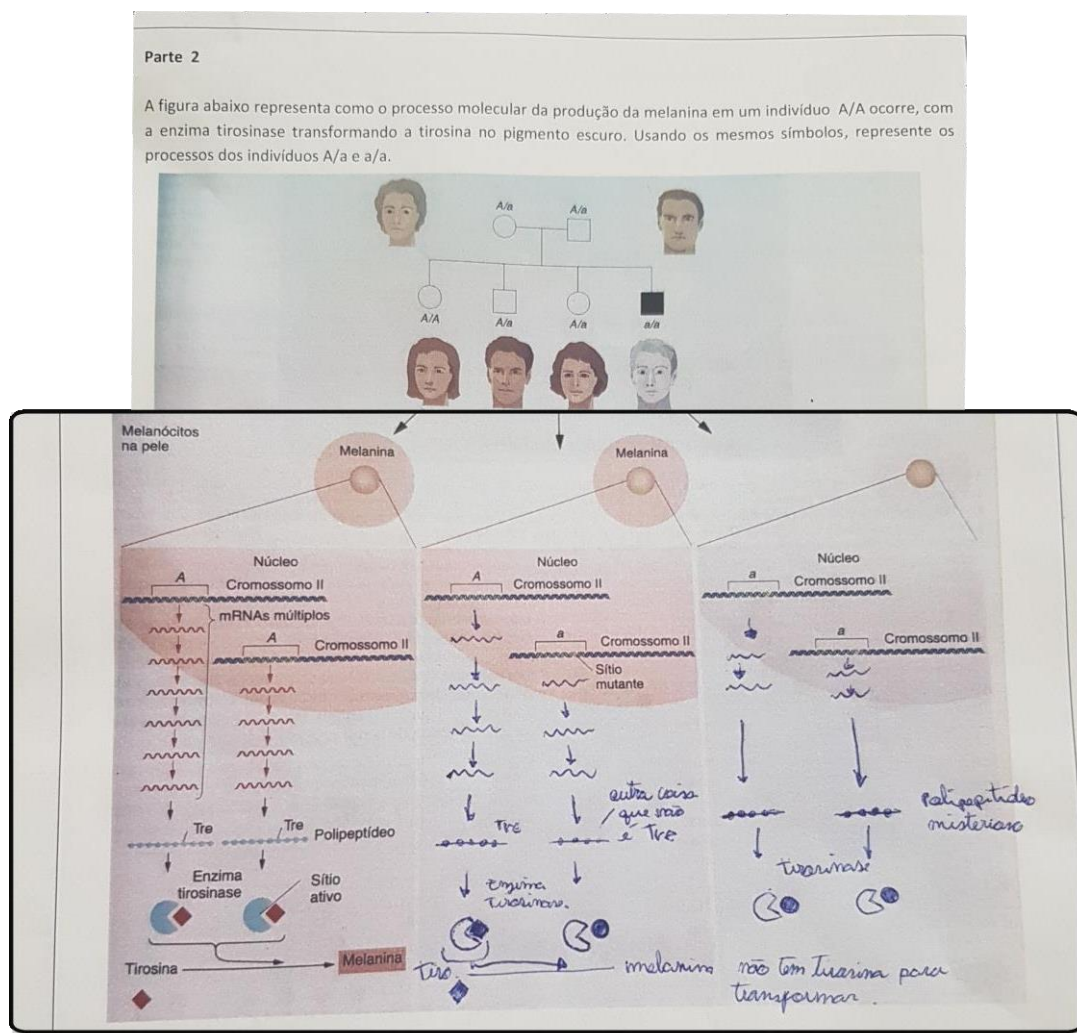


Figura 19– Resposta do estudante E03 do item a da parte 2.

4.2.3 Questionário 1 x Questionário 2

De acordo com as análises das respostas do questionário 1, observou-se que os estudantes que tinham mais dificuldade de explicar os termos mais ao nível molecular da genética, como a transcrição, tradução e proteínas e a composição e diferença entre os alelos “A” e “a” que seria pela diferença na sequência nucleotídica de sua estrutura, seriam alunos que tendem a escrever que o alelo dominante inibe o recessivo. Atrelado ao exposto, os estudantes que tinham um conhecimento mais aprofundado dos conteúdos da genética ao nível molecular tendem a explicar que ambos os alelos dominante e recessivo são transcritos, porém não são traduzidos e que, por isso, não geram proteínas. A análise do questionário 2 mostrou que esta relação anteriormente estabelecida persistiu; uma referência é o estudante E04 que explicou que o alelo dominante inibe o recessivo, no item c (parte1), respondeu toda a parte 1 do questionário sem utilizar as palavras transcrição, tradução, proteína. Além disso, houve estudantes que utilizaram estas palavras para responder a parte 1 e escreveram que o alelo recessivo não irá sintetizar produtos.

Nenhum estudante escreveu sobre “sequência diferente de alelos” e “proteína não funcional” na parte 1 do questionário 2. Houve estudantes que aparentaram ter aprendido a relação dos alelos dominante e recessivo porque mesmo errando o item c (parte 1) do questionário 2 acertaram o item a da parte 2, assim como estudantes que persistiram em seu erro e aqueles que mesmo a dica estando presente no item a, não mostraram entender a relação alélica. Observou-se também que todos estudantes tiveram dificuldade em justificar sua resposta no item b (parte 2). Eles não conseguiram organizar suas explicações utilizando os termos da genética. Algumas frases estavam desconexas e algumas palavras foram usadas de forma incorreta como “(...)a presença de um sítio mutante pode resultar na ausência de um sítio ativo da melanina, podendo resultar em uma anomalia. Pode ocorrer da deficiência ser por má formação do sítio ativo também”. Foi observado também que alguns alunos responderam o item c (parte 1) utilizando os termos transcrição, tradução e proteínas de forma complexa e detalhada, além de escreverem também que ambos os alelos dominante e recessivo são transcritos. Porém ao resolver a parte 2 erraram, sendo que um deles ainda, no item b, insistiu em seu erro, justificando que não mudaria sua resposta no item c (parte 1). Já um aluno que respondeu no item c (parte 1) que o alelo dominante inibe o recessivo, além de ter respondido a questão de forma superficial, sem utilizar os termos pedidos pelo enunciado

(transcrição, tradução e proteínas), acertou o item a, mostrando que entendeu o processo de não formação da melanina pelo alelo recessivo “a” devido à enzima com sítio ativo defeituoso. Os estudantes E02 e E16 responderam o item c (parte 1) escrevendo que o alelo recessivo não é transcrito nem traduzido, porém somente o aluno E02 acertou o item a (parte 2) e o E16 continuou persistindo no erro. Parece que ao deparar com uma “dica” no enunciado do item, alguns estudantes conseguiram entender de forma clara o processo “genótipo para fenótipo” e conseguiram resolver a questão (tanto estudantes que responderam a parte 1 de forma detalhada molecularmente quanto estudantes que a responderam de forma mais superficial). Já outros alunos, mesmo vendo a dica, não conseguiram entender a relação de dominância e recessividade do item a da parte 2.

Com a análise das respostas dos dois questionários pode-se perceber que a dificuldade de se entender a relação entre a dominância e a recessividade está vinculada com a não integração dos conteúdos de genética, envolvidos no tema. Diversos estudantes mostraram saber o conteúdo de dominância completa, a transcrição, tradução, proteínas, assim como a estrutura e localização de genes, alelos, loci; alguns chegaram a citar a sequência nucleotídica diferente dos alelos e souberam interpretar com detalhes o heredograma. Porém a maioria dos estudantes não relaciona os termos integralmente de forma a fazê-los pensar que existe uma proteína não funcional e que ela é a responsável pela ausência da expressão fenotípica do alelo recessivo “a”. Silva e Kalhil (2017), fizeram uma entrevista com um estudante do ensino superior, perguntando para ele de forma geral “Qual a sua maior dificuldade na compreensão de conteúdos de genética?”. Através da resposta do estudante, os pesquisadores observaram que existe dificuldade de relacionar o conteúdo de genética; com frases como: “Eu entendo, o professor dá as questões, eu consigo ler, eu sei o que ele tá pedindo,...sei da onde é o conceito...o que tem que ser explicado..., mas, focar...colocar no papel...eu sinto essa dificuldade”.

4.3 ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS

Considerando-se que os livros didáticos podem influenciar na construção de conhecimento do estudante na disciplina de genética escolhemos analisar neste trabalho dois livros didáticos indicados na bibliografia das disciplinas Genética I e II do curso de Ciências Biológicas da UFMG e muito utilizados pelos estudantes: “Genética - Um enfoque conceitual, 3ª edição (PIERCE, 2011) e “Introdução à Genética, 10ª edição (GRIFFITHS et al., 2015)”. O foco, no entanto, foi nos tópicos de dominância e recessividade numa tentativa de relacionar os

achados com os dados obtidos pela aplicação dos questionários 1 e 2. Esta análise teve como objetivo verificar se os trechos presentes no texto do livro contém algum conteúdo que poderia influenciar o estudante a desenvolver uma construção conceitual errada a respeito da relação entre os alelos dominante e recessivo, como: “alelo dominante inibe o recessivo”, “alelo recessivo expressa produto em menor quantidade que o dominante” e “alelo recessivo não produz produtos”.

LIVRO – Introdução à Genética

O livro “Introdução à genética” (GRIFFITHS et al., 2015), da décima edição foi traduzido e publicado em 2015, possui 20 capítulos, sendo que o capítulo dois (Herança Monogênica) e o capítulo 6 (Interação Gênica) estão relacionados com assuntos introdutórios a respeito da relação de dominância e recessividade.

O assunto dominância e recessividade é introduzido no capítulo 2 “Herança Monogênica” onde se começa explicando basicamente o que são genes selvagens e mutantes. Este capítulo não explica que a relação de dominância e recessividade também pode ser entre dois alelos mutantes, como é o caso da polialelia, isso pode levar o estudante a considerar que somente o alelo selvagem será sempre o dominante e o mutante o recessivo. Posteriormente, no mesmo capítulo conceitua-se gene, alelo, e o que é dominante e recessivo, heterozigoto e homozigoto, no contexto da primeira lei de Mendel usando os exemplos das ervilhas:

Alelo - “O gene existe em duas formas, chamadas alelos.”

Dominante/recessivo – “Na planta Y/y, o alelo Y domina, e, assim, o fenótipo será amarelo. Logo, o fenótipo da planta Y/y define o alelo Y como dominante e o alelo y como recessivo”.

Homozigoto/heterozigoto – “Uma planta com um par de alelos idênticos é chamada de homozigota, e uma planta na qual os alelos do par diferem é chamada de heterozigota”.

Os autores citam que o gene existe em duas formas, ao invés de utilizar maneiras mais esclarecedoras para explicar os termos, como por exemplo, utilizando a biologia molecular,. Poderia ser escrito que os alelos possuem sequências diferentes de nucleotídeos e que, por isso, produzem proteínas que desencadearão em fenótipos variados a partir de um mesmo gene. A conceituação “O gene existe em duas formas, chamadas alelos” pode ainda levar o estudante a entender que o gene sempre irá ter dois alelos, sendo que isso é na realidade


pouco comum e sim podem existir muitos variantes. Cho, Kahle e Nordland (1985) também encontraram em sua análise a conceituação de gene referente à composição por apenas dois alelos. O conceito de dominante e recessivo descrito no livro também não foi esclarecedor, já que no trecho “alelo Y domina”, a palavra “domina” deu um sentido de ser “mais forte”, retomando assim a hipótese de Pinheiro (2010), que através de uma análise de livros didáticos do ensino médio, indicou uma passagem onde estava escrito que o alelo dominante é mais “forte” que o recessivo podendo induzir o estudante a considerar que o alelo dominante é “superior” ao recessivo e que por isso poderia “inibi-lo”.

O capítulo 2 explica este conteúdo introduzindo a meiose e os cruzamentos e proporções dos experimentos de Mendel com as ervilhas. No meio do capítulo (página 35) há um trecho onde são explicadas as diferenças estruturais entre os alelos no nível molecular. O livro coloca uma caixa para representar isto, introduzindo a questão das sequências de nucleotídeos diferentes produzindo alelos diferentes (Figura 20).


Diferenças estruturais entre alelos no nível molecular

Mendel propôs que os genes ocorrem em formas diferentes que agora denominamos alelos. O que são alelos no nível molecular? Quando alelos como *A* e *a* são examinados no nível do DNA usando-se a tecnologia moderna, em geral verifica-se que a maioria de suas sequências é idêntica, diferindo apenas em um ou vários nucleotídeos, dentre os milhares que formam o gene. Portanto, vemos que os alelos na verdade são versões diferentes do mesmo gene. O diagrama a seguir representa o DNA de dois alelos de um gene; a letra *x* representa uma diferença na sequência de nucleotídeos:

Alelo 1







Alelo 2



Se a sequência de nucleotídeos de um alelo mudar como resultado de um “acidente” químico raro, é criado um novo alelo. Tais alterações denominam-se **mutações**, que ocorrem em qualquer local ao longo da sequência de nucleotídeos de um gene. Por exemplo, uma mutação poderia modificar a identidade de um único nucleotídeo ou ser a deleção de um

ou mais nucleotídeos ou mesmo o acréscimo de um ou mais nucleotídeos.

Um gene pode ser modificado por mutação de muitas maneiras. O dano pode, por exemplo, ocorrer em qualquer um de muitos locais diferentes. Podemos representar a situação como segue, onde azul-escuro indica a sequência de DNA do tipo selvagem normal e vermelho com a letra *x* representa a sequência alterada:

Alelo do tipo selvagem	<i>A</i>	
Alelo mutante	<i>a'</i>	
Alelo mutante	<i>a''</i>	
Alelo mutante	<i>a'''</i>	

Alelos com mutações em geral são recessivos, porque habitualmente apenas uma cópia de um gene do tipo selvagem é suficiente para proporcionar a função normal. Quando os geneticistas usam o símbolo *A* para representar o alelo do tipo selvagem, significa uma sequência específica de DNA. Porém, quando usam o símbolo *a* para representar um alelo recessivo, é uma abreviação que pode representar qualquer um dos tipos possíveis de dano que podem resultar em alelos recessivos não funcionais.

Figura 20 – Trecho do capítulo 2 “Herança Monogênica” do livro “Introdução à genética” página 35.

Nesta parte do capítulo 2 os autores não relacionam o conteúdo com as proteínas não funcionais. Como se pode ver o texto da figura 20 diz que alguns alelos podem ter sua sequência de nucleotídeos alterada por um “acidente químico raro” (mutações) e este “dano” traz as variedades alélicas. E continua com “alelos com mutações em geral são recessivos e quando se usa o símbolo “*a*” para representar um alelo recessivo, é uma abreviação que pode

representar qualquer um dos tipos possíveis de dano que podem resultar em alelos recessivos não funcionais”. Poderia o uso da palavra “dano” para se referir a “mutações” nos alelos recessivos induzir o estudante a pensar que as mutações tem sempre caráter negativo? Como citado anteriormente, Cho, Kahle e Nordland (1985) e colaboradores analisaram alguns livros didáticos mais utilizados pelos estudantes do ensino médio e viram que a palavra “mutante” foi usada nos livros para explicar o que seria recessividade e ela vinha com adjetivos como “raro” e “prejudicial”. Além disso, a expressão “alelos recessivos não funcionais” poderia induzir o estudante a pensar que o alelo recessivo não é funcional ao invés de pensar de forma correta que é a proteína produzida pelo alelo recessivo que pode não ser funcional?

No final deste mesmo capítulo 2 (página 39) é introduzido o conceito de dominância e recessividade trazendo como exemplo a fenilcetonúria e que a nosso ver tem um caráter positivo para a questão que levantamos:

“A doença é causada por um **alelo defeituoso** do gene que codifica a enzima hepática fenilalanina hidroxilase (PAH), que normalmente converte a fenilalanina contida nos alimentos no aminoácido tirosina. Entretanto uma mutação **no gene** que codifica essa enzima modifica a sequência de aminoácidos **na vizinhança** do sítio ativo da enzima. A enzima não consegue ligar-se à fenilalanina (seu substrato) nem a converter em tirosina.”

Pode-se notar no conceito do livro o uso de algumas palavras que podem confundir o estudante e atrapalhar a construção do conhecimento a respeito das interações alélicas. A palavra “alelo defeituoso” indica que o alelo tem algum problema, mas não faz a relação direta com o defeito enzimático da proteína que ele produz. A palavra “no gene” é aqui usada como sinônimo de alelo, um elemento que pode trazer confusão ao estudante novo ao assunto. Pennone (2011), analisando as novas edições dos livros didáticos do ensino médio de Biologia indicados pelo Ministério da Educação no Paraná, encontrou nos livros a conceituação de alelo da seguinte maneira: “Genes iguais ou diferentes que ocupam o mesmo lugar (locus) em cromossomos homólogos”. Além disso, Cho, Kahle e Nordland (1985) viram que em três livros didáticos que analisaram o uso frequente das palavras “alelo” e “gene” como sinônimos, sem que houvesse uma definição precisa para os termos. No ensino médio outra

forma de escrita que pode confundir os estudantes é o uso da expressão “genes alelos” que Vilas-Boas (2008) indica ter sido recorrente nos textos dos livros analisados pela autora.

O capítulo 2 não contém qualquer figura, até este ponto, que relacione molecularmente os conteúdos mostrados. Na Figura 21 está apresentada um esquema que aparece neste capítulo com setas indicando a via metabólica que ao ser rompida impede a conversão da fenilalanina em tirosina. No entanto, não é relacionado o fenótipo com o genótipo nesta ilustração.

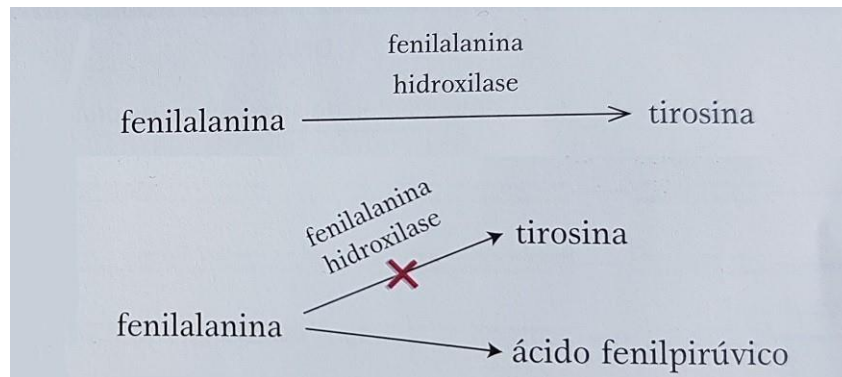


Figura 21 – Gravura do capítulo 2 “Herança Monogênica” do livro “Introdução à Genética”, página 39.

Logo após essa seção segue a conceituação de dominância e recessividade (página 41), utilizando os conceitos de haplossuficiência e haploinsuficiência:

“A recessividade é observada nas mutações nos genes que são funcionalmente haplossuficientes. Embora uma célula diploide normalmente tenha duas cópias do tipo selvagem de um gene, uma cópia de um gene haplossuficiente fornece produto gênico suficiente (em geral, uma proteína) para efetuar as reações normais da célula. Em um heterozigoto (digamos, $+/m$, em que m é nulo), a cópia restante codificada pelo alelo $+$ fornece produto proteico suficiente para função normal. Outros genes são haploinsuficientes. Em tais casos, um alelo mutante nulo será dominante porque, em um heterozigoto ($+/M$), o único alelo do tipo selvagem não pode fornecer produto suficiente para a função normal.”

A haplossuficiência explica implicitamente como dois alelos podem agir fisiologicamente para se ter o fenótipo e pode ser uma alternativa para introduzir o conceito de dominância e recessividade de forma mais atual, embora haja discussões de que a haplossuficiência não implica numa necessidade causal destes efeitos (ALCHIN, 2005). No livro analisado, vemos que a haplossuficiência é explicada sem a presença de termos moleculares mais complexos que relacionem a estrutura alélica com a sequência nucleotídica.

Retomando a análise de livros didáticos de Aivelo e Uitto (2015), não houve ali livros que incluíram a biologia molecular na explicação do processo “genótipo para fenótipo” e tampouco mostraram a relação entre os alelos dominantes e recessivos.

O capítulo 6 “Interação gênica” contém vários exemplos e figuras que relacionam os conteúdos de diferenciação estrutural dos alelos, produção de proteínas funcionais e não funcionais, assim como os conceitos de dominância completa e incompleta, codominância e dentre outros. O livro traz no início do capítulo a explicação sobre a dominância completa retomando o exemplo da fenilcetonúria:

“O motivo de o alelo defeituoso ser recessivo é que uma “dose” do alelo do tipo selvagem P produz PAH (fenilalanina hidroxilase) **suficiente** para degradar a fenilalanina que entra no corpo. O gene PAH é dito haplossuficiente. Assim, tanto P/p (duas doses), quanto P/p (uma dose), tem **atividade suficiente** de PHA para resultar na química celular normal.”

Em seguida o texto sugere ver a figura 6-1 do livro (Figura 22), que mostra a representação das proteínas funcionais e não funcionais relacionadas aos alelos selvagem e mutante, respectivamente, para os pares homocigóticos e heterocigóticos. O trecho descrito acima introduz a ideia de dose proteica relacionando com os conceitos de interação alélica. Aqui finalmente ocorre a explicação de que tanto os alelos selvagem e mutante são transcritos e traduzidos dando apoio para a explicação do fenótipo dominante e recessivo. No entanto, neste ponto ainda não é muito claro o conceito de que o alelo recessivo produz proteínas defeituosas e que, por isso, não irá degradar a fenilalanina. É possível que o estudante, mesmo após ver a figura 6.1 do livro, considere que o alelo recessivo expressa produto em baixa quantidade, já que a explicação no livro utiliza a palavra “suficiente” para dizer que o alelo dominante irá expressar seu fenótipo.

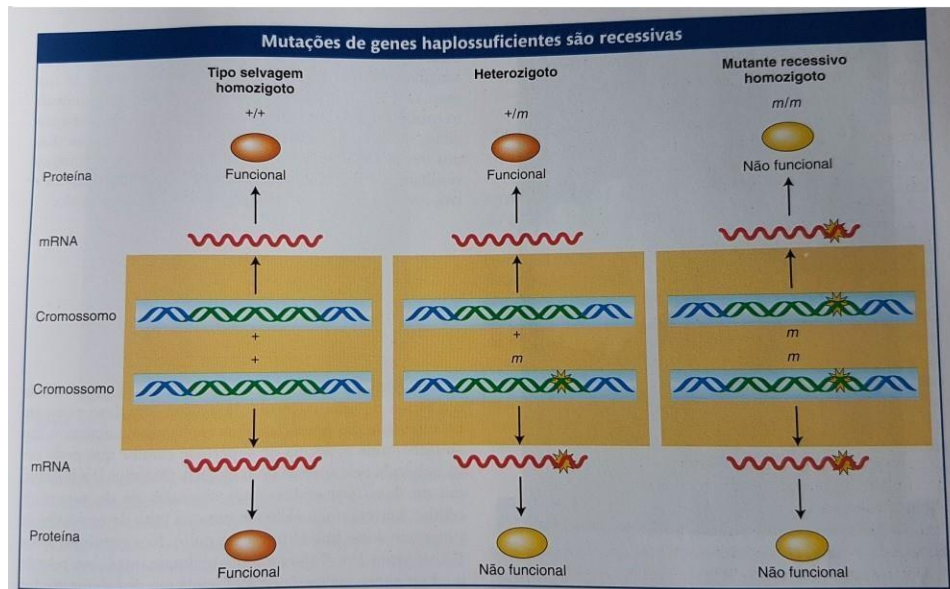


Figura 22– Gravura do capítulo 6 “Interação gênica” do livro “Introdução à Genética”.

De uma forma geral os capítulos 2 e 6 do livro “Introdução à Genética” introduziram os conteúdos relacionados com a dominância e a recessividade sem relacioná-los de forma contundente com a biologia molecular. As informações estão espalhadas nos capítulos e cabe assim ao professor dar ênfase ou não a essa explicação para o entendimento global do processo pelo aluno. O alelo recessivo não foi explicado explicitamente como sendo causador de proteínas defeituosas; o conceito de dominância e recessividade foi feito inicialmente de forma superficial e apenas depois foi explicado com embasamento na haplossuficiência. Além disso, detectamos que algumas explicações presentes no livro não eram muito esclarecedoras já que continham frases como “Alelo defeituoso” sem a presença de uma explicação contendo a expressão proteína não funcional, e também pela presença de frases que mostravam a palavra “gene” como sinônimo de “alelo”.

LIVRO - Genética- Um enfoque conceitual

O livro “Genética - Um enfoque conceitual” (PIERCE, 2011), terceira edição, foi publicado em 2009 nos Estados Unidos e traduzido e publicado no Brasil em 2011. O livro contém 26 capítulos sendo que o 3 (Princípios básicos da hereditariedade) e o 5 (Extensões e modificações dos princípios básicos) são os que introduzem os conteúdos da relação de dominância e recessividade.

No capítulo 3 denominado “Princípios básicos da hereditariedade”, é explicada a dominância e a recessividade com base nas leis de Mendel. O capítulo é introdutório às questões sobre alelos e não traz conteúdo sobre diferenças da estrutura dos alelos ou da formação de fenótipo dos alelos “A” e “a” explicados com ênfase molecular. Conceitua-se “gene” como uma palavra cujo significado varia com o contexto. Para o contexto de cruzamento genético, ele é definido “como um fator herdado que determina uma característica”. O capítulo traz os conceitos de alelos como “versões diferentes dos genes”, do homocigoto como “organismo diploide que possui alelos idênticos”, e do heterocigoto como “organismo diploide que possui dois alelos diferentes”. O livro explica na página 46 os conceitos de dominância e recessividade juntamente com o exemplo do cruzamento das ervilhas de Mendel:

“Toda prole F1 tinha sementes lisas. Essas características que apareceram inalteradas na prole heterocigota F1 Mendel chamou de **dominantes**, e as características que desapareceram na prole heterocigota de F1 ele chamou de **recessivas**. Quando os alelos dominantes e recessivos estão presentes juntos, o alelo recessivo é **mascarado** ou **suprimido**”.

No trecho acima descrito no livro pode-se perceber a palavra “suprimido” e “mascarado”. Por mais que estes termos tenham sido usados no passado para a explicação dos termos dominantes e recessivos no fenótipo, eles podem não ser apropriados para explicar o conceito de dominância e recessividade hoje em dia à luz do que se sabe em termos de controle da expressão gênica. Os termos podem vir a confundir os alunos e levá-los a interpretar que o alelo dominante irá “inibir” o alelo recessivo.

No capítulo 5, “Extensões e modificações dos princípios básicos”, o livro retoma as explicações sobre a dominância e recessividade porque neste capítulo se introduz os temas dominância incompleta, codominância, dentre outros. Para explicar a dominância completa, o livro mostra explicações introdutórias utilizando o estudo de Cuénot do século XX sobre a cor da pelagem de camundongos. Por exemplo, explica o conteúdo por meio dos fenótipos, genótipos e herança genética dos animais, mas não exhibe desenhos relacionando o conteúdo de interações alélicas com a parte molecular. O autor apresenta o tópico Dominância Revisitada para introduzir outras interações alélicas e ali volta a conceituar a dominância apontando que:

“Uma das contribuições importantes de Mendel para o estudo da hereditariedade é o conceito de dominância, a ideia de que um organismo individual possui dois

alelos diferentes para uma característica, mas a característica **codificada apenas por um dos alelos** é observada no fenótipo”.

Aqui a palavra “codificada” foi a tradução do original “*enclosed*”¹, e não parece adequada pois pode trazer um problema de interpretação, como se apenas um dos alelos codificasse proteínas. Relacionado a esse ponto, constatou-se na análise das respostas dos questionários e do banco de exercícios que muitos alunos escreveram que o alelo recessivo não será transcrito e nem traduzido em proteínas. Pimenta (2019) também encontrou em seu trabalho de análise de livros didáticos do ensino médio a explicação “Alelos recessivos não se manifestam em dose simples”. A autora sugere que esta afirmação poderia trazer o sentido de que o alelo recessivo não será transcrito e nem traduzido. Além disso, Pinheiro (2010) discute em seu trabalho, o fato que dois livros analisados por ela traduzem de forma “grotesca” o conceito de alelo, chamando-os de “genes alelos”; a autora viu nas respostas dos estudantes de ensino médio para algumas questões elaboradas por ela, que eles tem dificuldade de distinguir claramente o gene do alelo. El-Hani (2016) descreve em seu artigo sobre a variedade de interpretações das traduções sobre o texto original, em alemão, das análises de Mendel, e que elas poderiam ser potenciais para o entendimento errado das intenções de Mendel quando estudava as ervilhas.

O livro retoma a explicação da dominância e recessividade na página 98 do mesmo capítulo 5 utilizando a doença “fibrose cística” para explicar o conteúdo:

“A maioria das pessoas têm duas cópias do alelo normal para CFTR e produzem apenas uma proteína CFTR funcional. As com fibrose cística possuem duas cópias do alelo CFTR mutado e produzem apenas a proteína CFTR defeituosa. Os heterozigotos, tendo um **alelo normal** e um CFTR defeituoso, produzem tanto a proteína CFTR funcional quanto a defeituosa. Assim, a nível molecular, os alelos para CFTR normal e defeituoso são codominantes, **porque ambos alelos são expressos** no heterozigoto. Entretanto, como **um alelo funcional** produz suficiente proteína CFTR funcional para permitir o transporte normal de cloro, o heterozigoto não apresenta efeitos adversos, e o alelo CFTR mutado parece ser recessivo a nível fisiológico.”

¹No original: One of Mendel’s important contributions to the study of heredity is the concept of dominance—the idea that an individual possesses two different alleles for a characteristic, but the trait enclosed by only one of the alleles is observed in the phenotype.

No trecho acima, o livro traz a codominância e a dominância completa, pois são situações presentes na fibrose cística dependendo do nível de análise. Contudo ele não delimita bem a ideia de que a doença será codominante em referência ao nível molecular, porém será dominância completa em termos fisiológicos. A explicação ainda aponta palavras que não foram bem escolhidas como por exemplo “alelo funcional” pois esta palavra pode levar à ideia de que o alelo é propriamente dito funcional e não que o seu produto proteico é funcional. O trecho “Porque ambos os alelos são expressos” também não foi bem escolhido porque deixou a entender que o alelo recessivo só será traduzido e transcrito e produzirá proteínas quando estiver em uma condição de codominância e na realidade o alelo recessivo será expresso nos casos de dominância completa também.

O livro ainda traz um complemento (página 98) que explica a dominância alélica:

“Dominância é um resultado das **interações de genes** no mesmo locus; em outras palavras, a dominância é uma interação alélica. (...) A interação alélica que caracteriza a dominância é, portanto, a interação dos produtos dos genes”.

Ainda que o trecho seja uma tentativa de explicar e diferenciar interação alélica de interação gênica é possível que o leitor não tenha a clareza para distinguir os conceitos. O livro começa explicando todo o processo de dominância e recessividade utilizando a palavra “alelo”. Aqui é usado “gene” neste trecho seguido de “no mesmo locus” para explicar o conceito de “alelo”.

Em seguida, para explicar a codominância, epistasia e outras interações gênicas, o livro apresenta figuras que ilustram e representam os mecanismos moleculares da formação ou ausência do fenótipo de alelos dominante e recessivo (Figura 23).

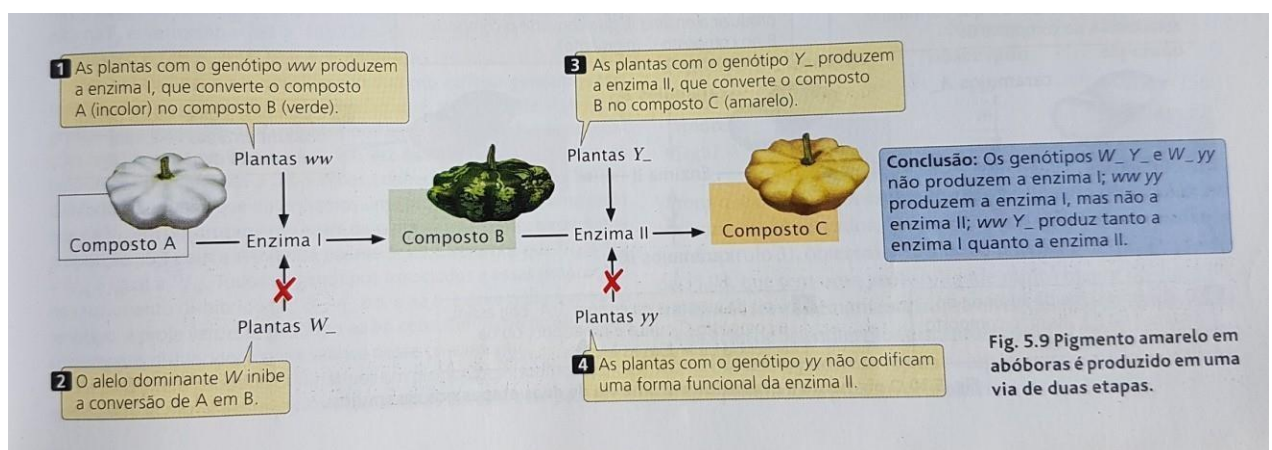


Figura 23 – Ilustração sobre interações gênicas tipo epistasia do capítulo 5 “Extensões e modificações dos princípios básicos” do livro “Genética - Um enfoque conceitual”.

A figura 23 mostra a formação da coloração da abóbora pelos diferentes genótipos da planta. A presença de certos genótipos ($W_ e ww$ ou $Y_ e yy$) irá produzir uma enzima que resultará em certo fenótipo da planta. A figura explica o mecanismo utilizando termos esclarecedores como “As plantas com o genótipo yy não codificam uma forma funcional da enzima II”. No entanto, poderia esta frase levar o estudante a pensar que o alelo recessivo não codifica nenhuma proteína? A frase “O alelo dominante W inibe a conversão de A em B ” poderia levar a uma construção de pensamento no estudante direcionada a “o alelo dominante W inibe o recessivo w ” porque onde é mostrada esta explicação na figura existe um par heterozigoto; posicionado mais acima desta explicação, está indicado ainda que o recessivo irá produzir enzimas funcionais em homozigose “já que não existe um alelo dominante para inibi-lo”.

O livro “Genética - Um enfoque conceitual” não introduz os conteúdos de dominância e recessividade relacionando a genética mendeliana com a molecular. Além disso, algumas explicações encontradas no livro não podem ser muito esclarecedoras para os estudantes, como a presença da palavra “gene” sendo utilizada como sinônimo de “alelo” e a expressão “Alelo funcional” para explicar a relação de dominância entre o par de alelos do fenótipo da fibrose cística. Constatou-se também que houve uma frase possivelmente mal interpretada durante a tradução que diz que apenas um dos alelos, do par A/a das ervilhas, será codificada.

Além do exposto, ambos os livros “Introdução à genética” e “Genética - Um enfoque conceitual” detalham bem a parte molecular dos processos relacionados à expressão gênica em capítulos posteriores, mostrando em texto e gravuras detalhes sobre os promotores, RNA polimerases, éxons, íntrons, dentre outros temas. Contudo, eles não mostram a relação entre os alelos dominante e recessivo nestes capítulos: 7 “Estrutura e Replicação”, 8 “RNA: transcrição e processamento”, 9 “Proteínas e sua síntese”, 12 “Regulação da expressão gênica em eucariotos” do livro “Introdução a Genética”; e os capítulos 12 “Replicação e Recombinação do DNA”, 13 “transcrição”, 15 “O código genético e a tradução”, 17 “Controle da Expressão Gênica em Eucariotos” do livro Genética – Um enfoque conceitual. Ou seja, não mostram estes processos moleculares acontecendo em um alelo recessivo e em um alelo dominante simultaneamente. Além disso, os capítulos de que abordam os temas de “Transcrição” e “Tradução” de ambos os livros têm exemplos utilizando organismos haploides, que são os organismos modelos onde a grande parte deste conhecimento foi gerada. Ou seja, não teria como mostrar a interação de dominância e recessividade. Nos capítulos 17 e 12 dos livros “Genética: um enfoque conceitual” e “Introdução a Genética” respectivamente,

citam exemplos em organismos diploides, porém não mostram em suas explicações qual é a expressão nos alelos dominante e recessivo. O que existe são conteúdos focados na explicação de como a expressão gênica acontece de forma molecular em uma fita de DNA, sem especificar de qual alelo se trata, em geral um alelo funcional.

Os livros de uma forma geral são importantes ferramentas complementares de ensino ao conteúdo lecionado pelo professor. Contudo os livros analisados podem dificultar a compreensão de certos temas da genética dos estudantes uma vez que apresentaram conceitos que podem levar a interpretações equivocadas e, ainda, por terem uma estrutura que não integra e relaciona as partes da genética mendeliana com a molecular. Como citado anteriormente neste trabalho (Redfield, 2012), muitos livros didáticos introduzem o conteúdo de genética historicamente utilizando inicialmente a herança mendeliana sem a contextualização moderna, e isto pode fazer com que o estudante aprenda a conceituar a dominância e a recessividade apenas através do fenótipo e do genótipo. Redfield (2012) desenvolve uma nova sequência para ensinar os conteúdos de genética, “rompendo” com a organização conservadora. A autora descreve seu planejamento iniciando com o conteúdo de “como o genótipo determina o fenótipo, e só depois o conteúdo de hereditariedade é lecionado. Contudo ela reflete sobre a necessidade de se verificar quais são os conteúdos que realmente importam para a aprendizagem do estudante em genética. Atualmente a genética está ficando cada vez mais atrelada à vida das pessoas. A autora mostra isso exemplificando as manchetes de notícias que aparecem no “Google Notícias” quando se coloca a palavra “Genetics” na barra de pesquisa, sendo algumas delas: “Novo teste genético prevê melhor produção de ovos para mulheres com pouca reserva ovariana (A heterozigose para o gene “X-frágil” melhora a fertilidade)” e “Testes genéticos para gerar 25 bilhões por ano, diz United Health (você deveria investir agora?).

A análise das respostas do banco de exercícios e dos questionários 1 e 2 mostraram que diversos estudantes escreveram que o alelo dominante “inibe” o recessivo, e um trecho do livro “Genética - Um enfoque conceitual” (PIERCE, 2011) contém a frase “(...) alelo recessivo é mascarado e suprimido”. Quase todos os alunos mostraram dificuldade de explicar com clareza a relação de dominância e recessividade, mesmo sabendo algo sobre conteúdos mais complexos como transcrição, tradução e proteínas. Isso pode-se dever ao fato de que eles não construíram o conhecimento de forma integral, relacionando os conteúdos entre si. E observou-se que os livros de uma forma geral não integram o conhecimento da genética

mendeliana com a molecular. Alguns alunos tentaram explicar a relação de dominância e recessividade utilizando frases que pareciam decoradas de algum material didático, como o estudante E03, que em sua resposta no item b da parte 1 do questionário 2 escreveu: “A representa o alelo dominante; a presença de apenas uma cópia é suficiente para sua plena expressão...recessivo necessita de duas cópias para sua expressão ser significativa para o organismo”. Observou-se no livro “Introdução à genética” (GRIFFITHS et al., 2015) que a conceituação de dominância e recessividade foi explicada com base na haplossuficiência, sem mencionar conteúdos da genética molecular. Além disso, diversos estudantes tentaram explicar a interação alélica de dominância e recessividade respondendo que “o alelo recessivo não codifica nenhuma proteína”, ou seja, que ele não é transcrito e nem traduzido, e outros ainda consideram que “o alelo recessivo codifica proteínas em baixas quantidades”. Poderiam os trechos dos livros “(...) codificada apenas por um dos alelos” e “P/p tem atividade suficiente” ter potencial para induzir o estudante a ter essas explicações sobre a relação de dominância e recessividade? A resposta dos alunos E16 e D07 mostraram que ambos consideram que o “alelo recessivo não codifica proteínas” e em suas explicações eles escrevem que o motivo disso seria que o alelo recessivo não possui a “sequência correta” ou o “código” correto para ser transcrito. Alguns trechos dos livros citam o termo “Alelo funcional” ao invés de explicar que a proteína traduzida por este alelo é que será funcional ou não funcional. É possível que estes trechos possam induzir este tipo de pensamento nos estudantes? Os livros ainda trouxeram frases como “o alelo Y domina” e explicações não muito esclarecedoras sobre o que é a dominância e a recessividade, utilizando a palavra “alelo” para explicar um processo e durante o mesmo raciocínio ela é trocada por “gene”. Além disso, identificou-se que ambos os livros, em seus capítulos que explicam sobre a expressão alélica ao nível molecular (temas de transcrição, tradução, regulação gênica), não forneceram explicações sobre a relação da expressão dos alelos dominantes e recessivos, podendo, dessa forma, dificultar a aprendizagem do estudante em relação aos processos nos alelos dominante e recessivo simultaneamente.

Muitos estudantes mostraram em suas respostas nos questionários que não interrelacionam os conteúdos de genética, como o estudante D02 que respondeu de forma completa o item d do questionário 2, que diz respeito aos processos de tradução e transcrição, e não conseguiu responder o item e do questionário que relaciona os processos citados com a formação dos fenótipos por meio dos alelos dominante e recessivos. Diante do exposto, uma forma que consideramos interessante de abordar a relação de dominância e recessividade é a realizada

pelo modelo do livro “Genética Moderna” (GRIFFITHS et al., 2015), onde os conceitos de tradução, transcrição, proteínas e fenótipo são mostrados juntamente no capítulo 1 “Genética e o organismo” com os conceitos iniciais dos conteúdos de genética (gene, alelo, dominância completa). No início do capítulo 4 “A herança de genes” o livro traz explicações sobre a meiose e explica a dominância completa por meio das “leis de Mendel”. Na sequência, o livro mostra alguns exemplos relacionando a genética mendeliana com a biologia molecular descrevendo a herança autossômica recessiva do albinismo. Esta explicação traz detalhes e ainda uma gravura onde mostram os processos “genótipo para fenótipo” tanto do alelo recessivo quanto para o alelo dominante, nos pares A/A, A/a e a/a. Inclusive a gravura utilizada neste trabalho para compor os itens dos questionários 1 e 2 foi retirado deste capítulo.

É interessante notar que A. Griffiths é o autor principal dos livros “Genética Moderna” e “Introdução à Genética”, mas usa abordagens diferentes nas publicações. Genética Moderna é um livro mais curto e inicia apresentando o conteúdo através da genética molecular, aparecendo depois a genética mendeliana. O livro “Genética Moderna” apresenta uma proposta interessante para o ensino da genética, já que ele relaciona os conteúdos mendelianos com a biologia molecular. Contudo novas edições do livro não estão disponíveis na atualidade.

Um livro publicado recentemente pela Sociedade Brasileira de Genética, intitulado “Genética das ervilhas ao genoma humano: contribuições para uma revisão histórica e abordagens pedagógicas” (GOÉS; AIRES, 2018), é um livro que também se mostra um exemplo interessante de como poderiam ser tratados os conteúdos de relação de dominância e recessividade na contemporaneidade. Apesar de ser um livro para professores do ensino básico ele é um exemplo de como introduzir mudanças importantes para o ensino de genética. O primeiro capítulo do livro (Enigma de Mendel) começa explicando sobre os assuntos básicos da genética como o conceito de gene e alelo e a dominância e a recessividade, relacionando os conteúdos da genética mendeliana utilizando a biologia molecular. O livro explica e mostra com detalhes, por meio de gravuras, que a ervilha tem variedades fenotípicas devido à diferente formação em sua estrutura dos açúcares por ela produzidos. O livro ainda traz explicações da codominância utilizando explicações com embasamento molecular com exemplo do grupo sanguíneo ABO.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alguns artigos citados neste trabalho, como das autoras Netto (2012) e Redfield (2012), fazem importantes considerações a respeito das dificuldades dos estudantes de compreenderem os conceitos de dominância e recessividade e a dificuldade de relação com os processos bioquímicos. No entanto, as menções aos erros são feitas de maneira informal como observação dos próprios estudantes enquanto docentes, mas não são dados de pesquisa e sim, bases para discussão de temas educacionais. Em nossas buscas bibliográficas não foi encontrado nenhum trabalho, como referência, que trata este tema na forma de levantamento de dados sobre as concepções dos estudantes sobre os mecanismos moleculares que levam à dominância e recessividade. Dessa forma, este trabalho é, portanto, o primeiro a desenvolver um estudo aprofundado sobre o tema, de forma quantitativa e qualitativa, com estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas. Através da análise dos questionários e do banco de exercícios foi observado que o problema realmente existe e pode ser um impeditivo para entender assuntos mais complexos da genética. Alguns estudantes, principalmente aqueles que explicaram que o “alelo dominante inibe o recessivo”, não conseguiram resolver detalhadamente os itens mais complexos que exigem os conteúdos de transcrição e tradução e a explicação da formação “genótipo para fenótipo”. Além disso, muitos estudantes não conseguiram estabelecer uma relação entre a produção de uma proteína defeituosa pelo alelo recessivo com a formação do fenótipo. É interessante notar que, por mais que os estudantes descrevam que alelo é uma forma alternativa de um gene, muitos não citaram a “sequência nucleotídica diferente” dos alelos para explicar o conceito; eles parecem não saber relacionar a sequência de DNA com a produção diferenciada de proteínas nos alelos dominante e recessivo. A figura da parte 2 do questionário 2 (produção de melanina nas células) poderia ter sido uma “dica” para os estudantes repensarem suas respostas e conseguirem responder de forma correta sobre a função proteica na interação de dominância completa. No entanto, isto não se deu como esperávamos, nos sugerindo que para se entender a relação “genótipo para fenótipo” na dominância e recessividade a vivência com os conteúdos de genética que cada estudante tem vai influenciar diretamente como este entendimento será feito. Alguns estudantes que responderam a parte 1 com detalhes (colocando as palavras pedidas no enunciado: “tradução”, “transcrição”, “proteínas”) acertaram os itens a e b da parte 2, mostrando que entenderam a relação de dominância e recessividade e os estudantes que erraram estes itens, responderam de forma mais detalhada a parte 1.

Os livros didáticos são importantes ferramentas de estudo complementar ligados ao ensino do professor em sala de aula, como guia na sequência e como conteúdo. Eles possuem gravuras e esquemas que podem facilitar o processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos de genética. Podem também se tornar a fonte primária de consulta de estudantes mas, como identificado neste trabalho, o uso do livro com a assistência do professor se torna muito importante. Afinal, os dois livros didáticos aqui analisados, apesar de serem amplamente utilizados no Brasil e em outros países, apresentam problemas importantes que podem dificultar a compreensão dos estudantes a respeito da relação entre alelos dominante e recessivo. Os capítulos que abrangem este conteúdo molecularmente não mostram ou explicam em detalhe a relação entre estes alelos com a transcrição, tradução e produção de proteínas de ambos os alelos. Os livros ainda trazem algumas explicações errôneas sobre alguns conteúdos da genética, como o livro “Genética: um enfoque conceitual” onde se lê que “alelo dominante suprime o alelo recessivo” em um trecho do capítulo 3 onde era explicado o conceito de dominância e recessividade.

No momento de montar a lista bibliográfica para o estudo dos alunos no programa das disciplinas, sugere-se que os professores tenham preferência pelos livros em que o conteúdo de dominância e recessividade seja abordado de forma a mostrar a expressão alélica ao nível molecular tanto do alelo dominante quanto recessivo, como é apresentado, por exemplo, nos livros “Genética Moderna” (GRIFFITHS et al., 2015) e no “Genética das ervilhas ao genoma humano: contribuições para uma revisão histórica e abordagens pedagógicas” (GOÉS; AIRES, 2018). Além disso, o professor pode estar atento a lecionar este conteúdo sempre relacionando os temas de transcrição, tradução, proteínas, meiose e mitose com as leis de Mendel, o que poderia colaborar para que o estudante entendesse o conteúdo de forma integral e conexa. Como diversos livros não são construídos conforme citado anteriormente, os professores poderiam sugerir aos alunos qual capítulo estudar, seguindo a sequência da aula, começando com os assuntos relacionados primeiramente à biologia molecular e depois as leis de Mendel ou ambos os conteúdos simultaneamente. Outro aspecto seria o envolvimento com a formação continuada dos professores do ensino básico e superior com oficinas ou cursos para que eles fossem conscientizados sobre os temas abordados neste trabalho assim como a importância do ensino do conteúdo da biologia molecular junto da genética mendeliana.

A partir deste trabalho outras pesquisas poderão ser feitas de forma a acrescentar informações e com isso aprimorar o ensino-aprendizagem na área da genética. O trabalho permitiu que novas questões surgissem: os professores do ensino médio sabem com clareza os conteúdos de dominância e recessividade? Por que, mesmo estudando a interação alélica e sua formação de genótipo para fenótipo, os estudantes do ensino superior persistem em seus erros conceituais? Tendo em vista o grande avanço na Genética no último século, quais seriam os conteúdos que realmente são importantes para serem lecionados? Será que em outros países as concepções dos estudantes para o conteúdo de dominância e recessividade são os mesmos do Brasil?

É evidente que a genética vem se tornando cada vez mais uma área de muito interesse na sociedade e vê-se um claro envolvimento com questões que a circundam. Além disso, os estudos que abrangem essa área serão muito úteis, principalmente para a área da educação, já que podem ajudar os professores a refletir sobre as dificuldades dos estudantes com os conteúdos de genética assim como a estrutura dos materiais utilizados por eles para estudar o tema.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, J. K.; PEREZ, K. E.; PRICE, R. M. The dominance concept inventory: a tool for assessing undergraduate student alternative conception about dominance in Mendelian and Population genetic. **Life Science Education**, v.13, p. 349-358.

ALLCHIN, D. The dilemma of dominance. **Biology and Philosophy**, v. 20, p. 427-451, 2005.

AIVELO, T.; UITTO, A. Genetic determinism in the finish upper secondary school biology textbooks. **NorDinA**, v.11, n.2, 2015.

BAHAR, M.; JOHNSTONE, A. H.; HANSELL, M. H. Revisiting learning difficulties in biology. **Journal of Biological Education**, v.33, n.2, p.84-86, 1999.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Tradução: Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Edições 70, p. 47-223, 2002.

BARNI, G. S. A importância e o sentido de estudar genética para estudantes do terceiro ano do ensino médio em uma escola da rede estadual de ensino em Gaspar (SC). **Universidade Regional de Blumenau**; 2010.

BUGALLO RODRÍGUEZ, A. La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 3, p. 379-385, 1995.

CHO, H.; KAHLE, J. B.; NORDLAND, F. H. An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. **Science Education**, v.69, n.5, p.707- 719, 1985.

CUNHA, A. M.; SILVA, D. Construção e validação de um questionário de atitudes frente as relações cts. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. 2009.

EL-HANI, C. N. O Papel de Mendel na história da genética. **Genética na Escola**, v.11, n.2, 2016.

GERICKE, N.; HAGBERG, M.; JORDE, D. Upper Secondary Students' Understanding of the Use of Multiple Models in Biology Textbooks—The Importance of Conceptual Variation and Incommensurability. **Research in Science Education**, v.43, n.2, p.755–780, 2013.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**. V.35, n.2, p.57-63, 1995.

GRIFFITHS, A. J. F. et al. **Introdução à Genética**. 8ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 1998.

GRIFFITHS, A. J. F. et al. **Introdução à Genética**. 10ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2015.

GRIFFITHS, A. J. F. et al. **Genética Moderna**. 4ª edição. Rio de Janeiro: Ed.

Guanabara Koogan, 2001.

GÓES, A.; AIRES, R. **Genética das Ervilhas ao Genoma Humano Contribuições para uma Revisão Histórica e Abordagens Pedagógicas**. 1ª edição. São Paulo: SBG-Sociedade Brasileira de Genética, 2018.

HEIM, W. G. What is a recessive allele? **The American Biology Teacher**, V53, n2, p.94-97, 1991.

HERNÁNDEZ; et al. Development of a diagnostic test to detect misconceptions in mendelian genetics and meiosis. **The Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics**, 1993.

HUGHES, J. A Filosofia da Pesquisa Social. In: MINAYO, M. C. O Desafio do Conhecimento - pesquisa qualitativa em saúde. 4. ed. São Paulo - Rio de Janeiro: HICITEC - ABRASCO, 1996.

JUSTI, R.; GILBERT, J. History and philosophy of science through models: some challenges in the case of “the atom”. **International Journal of Science Education**, V.22, N.9, p. 993–1009, 2000.

KNIPPELS, M. C. P. J., et al. Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education. The yo-yo learning and teaching strategy. Chapter3: Identification and exploration of learning and teaching problems in genetics. **Centre for Science and Mathematics Education**, p.24-55, 2002.

MARBACH-AD, G.; STAVY R. Student`s cellular and molecular explanation of genetic phenomena. **Journal of Biological Education** v.34, n.3, p.200-205, 2000.

MELO, M.F. A. Q. Discutindo a aprendizagem sob a perspectiva da teoria ator-rede. **Educar em Revista**, n.39, p.177-190, 2011.

MELO, W. V.; BIANCHI, C. S. Discutindo estratégias para a construção de questionários como ferramenta de pesquisa. **Revista Brasileira de Ensino de C&T**, n.3, v.8. 2015.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: A compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência e Educação**, V. 9, n. 2, p.191-211,2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C.; RAMOS, M. G. Pesquisa em sala de aula: fundamentos e pressupostos. In: MORAES, R.; LIMA V. M. R. Pesquisa em sala de aula: tendências para a educação em novos tempos, p. 11-20. Porto Alegre, Brasil: Edipucrs, 2012.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n.1, p. 20-30, 1996.

NETTO, R.C.M. Dominante ou Recessivo? **Genética na Escola**, v.7, n.2,p.28-33,2012.

NOVAK, J. D. **A theory of education**. Ithaca, NY: Cornell University, 1977.

PEARSON, J.T.; HUGHES, W.J. Problems with the use of terminology in genetics: 1- A literature Review and classification scheme. **Journal of Biological Education**, v.22, n.3, p.178-182, 1988a.

PEARSON, J.T., HUGHES, W.J. Problems with the use of terminology in genetics: 2- Some examples from published materials and suggestions for rectifying problems. **Journal of Biological Education**, v.22, n.4, p.267-274, 1988b.

PIERCE, B. A. **Genética: um enfoque conceitual**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

PASHLEY, M. A-level students: their problems with gene allele. **Journal of Biological Education**, vol.28, n.2, p. 120-126, 1994.

PIMENTA, M. Dominância e recessividade no ensino de genética: abordagens nos livros didáticos e uma atividade investigativa como ferramenta para a aprendizagem das interações alélicas. **Trabalho de Conclusão do Mestrado**. UFMG, Belo Horizonte, Brasil, 2019.

PINHEIRO, M. C. Conceitos Básicos no Ensino de Genética: do livro didático ao estudante. UFRGS. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Porto Alegre. 2010.

PENNONE, S. L. S. Erros conceituais de genética nos livros didáticos do PNLDEM 2012. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Votorantin, 2011.

REDFIELD, R. J. Why do we have to learn this stuff? A new genetics for 21st century students. **Plos Biology**, vol. 10, n 7, 2012.

SANTOS, M. E. V. Tendências e resultados no interior da linha de investigação sobre concepções alternativas. In: **Mudança Conceptual na Sala de Aula**. 4. ed. Lisboa: Livros Horizonte, p. 90–125, 1991.

SILVA, C. C.; KHAHLIL J. B. A aprendizagem de genética à luz da teoria fundamentada: um ensaio preliminar. **Ciência e Educação**, vol.23, n.1, p.125-140, 2017.

SNUSTAD, D. P.; SIMMONS, M. J. Fundamentos de Genética. 4 a ed. Rio de Janeiro - RJ: 2012, 2006.

TREAGUST, D. F. Na approach for helping students and teachers diagnose misconceptions in specific Science content areas. Im J. D. Novak (Ed), Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Ithaca, NY: Cornell University (ERIC Document Reproduction Service No. ED 293685), pp. 512-522, 1987.

VILAS-BOAS A. Conceitos errôneos de Genética em livros didáticos do ensino médio. **Genética na Escola**, vol. 1, n. 1 ,2006.

7 APÊNDICE

APÊNDICE A- QUESTIONÁRIO 1



Programa de Pós-Graduação em Genética ICB/UFMG



QUESTIONÁRIO

Você gosta de genética?

Sim Não

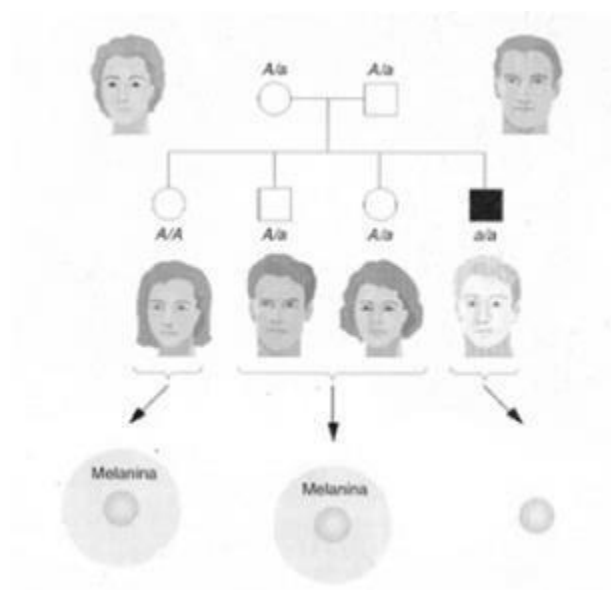
Você já possui experiência na área através de trabalho, estágio, iniciação ou intercâmbio?

Sim Não

Você pretende trabalhar na área da genética?

Sim Não

QUESTÃO 1



a) O que você está observando nesta gravura? Descreva-a.

b) Você sabe explicar o que estas letras representam? Se sim, conceitue-as e diferencie “A” de “a” à nível genético.

- c) Escolha um par (A/A,A/a ou a/a) e faça um desenho mostrando e indicando a localização das duas letras, utilizando e escrevendo todos os nomes presentes no parênteses (alelo, gene, par de cromossomos e loci).
- d) Essas letras possuem relação com a transcrição e a tradução? Se sim, faça um esquema simples e genérico, mostrando: uma letra da sua escolha (mostre se é dominante ou recessiva), transcrição, tradução e proteína.
- e) A relação entre as letras (A/A,A/a e a/a) apresentadas na gravura é de dominância e recessividade. Explique em termos genéticos e bioquímicos o que você entende por este processo.

QUESTÃO 2

Tendo o processo de formação da melanina exemplificado pelo A/A, como modelo, desenhe o processo completo para o A/a e o a/a.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 2



Programa de Pós-Graduação em Genética *ICB/UFMG*



Prezado estudante,

Obrigada por participar da nossa pesquisa. Ela nos ajudará a trazer reflexões sobre o ensino de Genética na UFMG e relacionar com o que é praticado no Brasil e no mundo.

Este trabalho de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – COEP – da UFMG.

Não deixe de assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para entender e garantir os aspectos éticos da pesquisa.

Renata Hadadd e Adlane Vilas-Boas

O questionário é anônimo, portanto seu nome não deve estar escrito em nenhuma das folhas. No entanto, gostaríamos de saber algumas informações sobre você.

Você considera que tem muita afinidade com a genética?

Sim Não

Você já possui experiência na área através de trabalho, estágio, iniciação ou intercâmbio?

Sim Não

Você pretende trabalhar na área de genética?

Sim Não

Instruções

O questionário tem **cinco** questões.

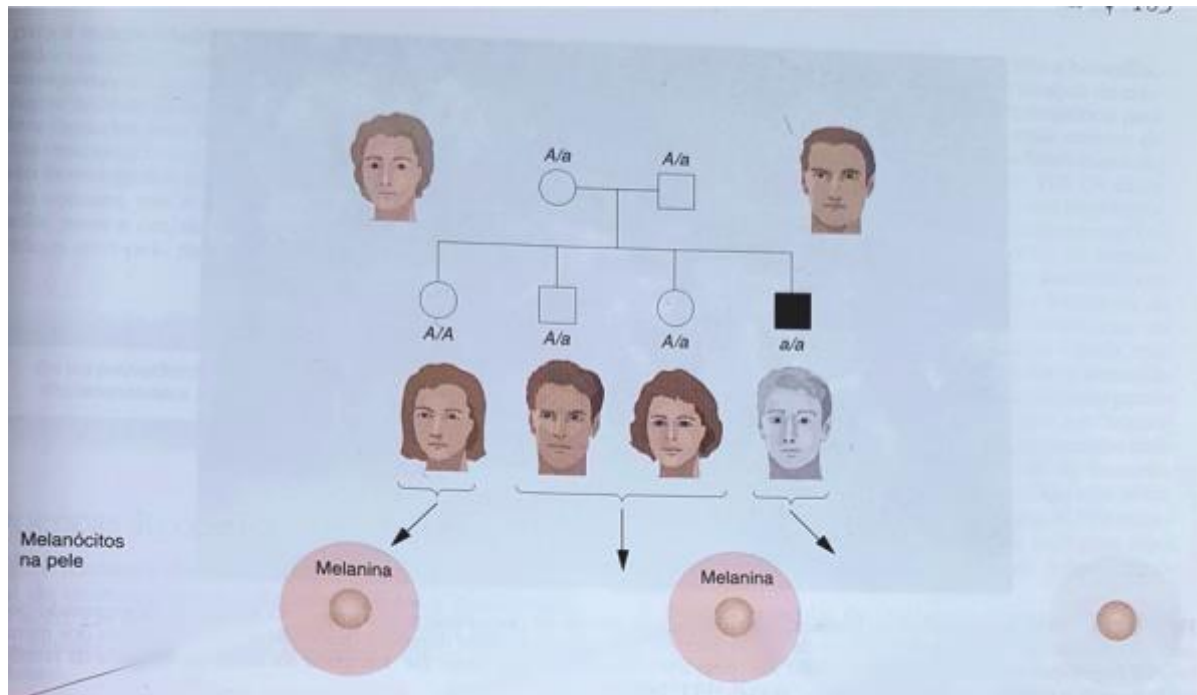
Responda as questões da melhor forma que encontrar.

Ao terminar a parte 1 (três questões) faça a parte 2 para continuar respondendo (duas questões).

QUESTIONÁRIO

Parte 1

Observe a figura abaixo:



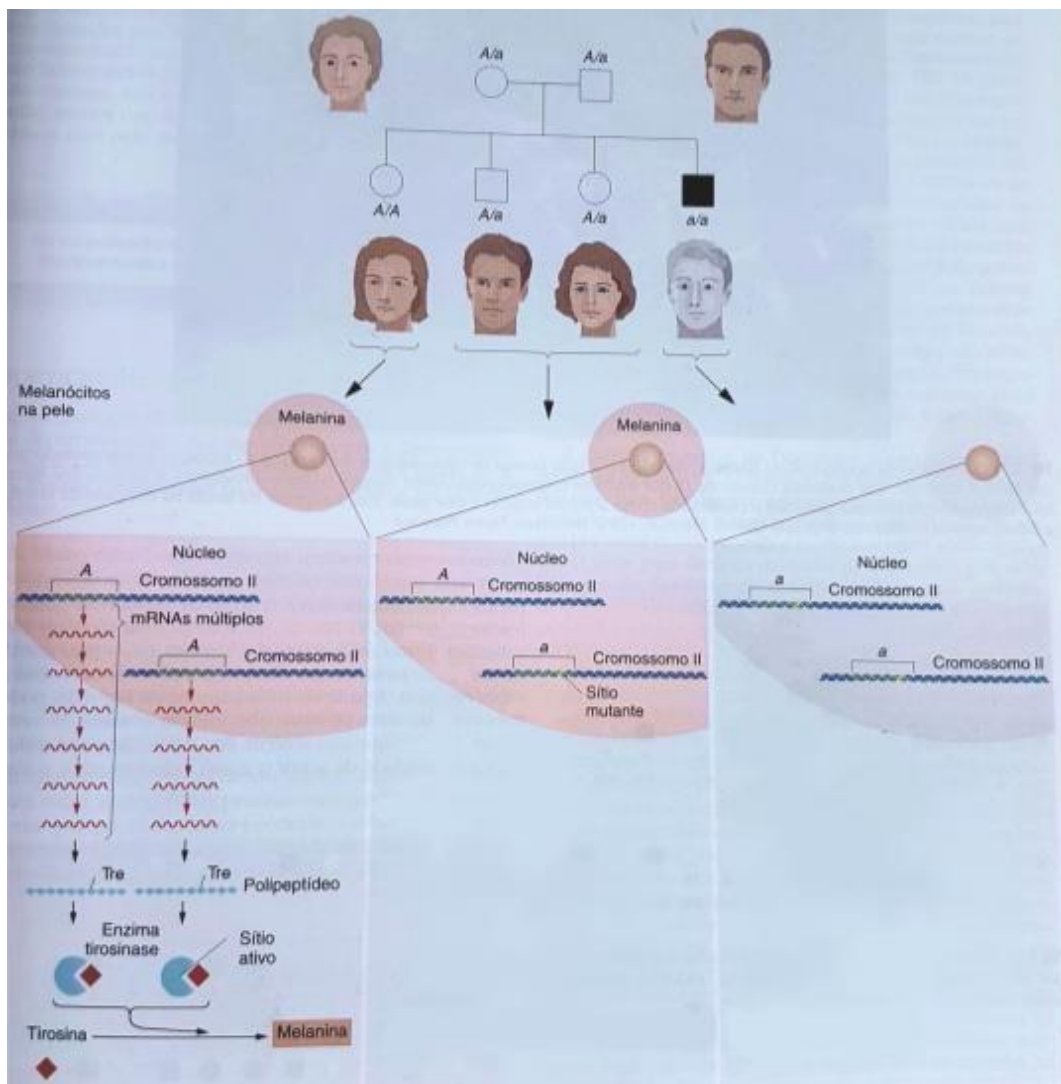
a) O que a figura representa? Explique levando em conta os símbolos usados na genética que aparecem na figura.

b) O que as letras A e a representam? Explique levando em conta o seu conhecimento nas áreas de **genética molecular e bioquímica**.

- c) A relação entre as letras A/A, A/a e a/a na gravura é de dominância e recessividade. Explique como estas interações se relacionam em termos genético- bioquímicos (transcrição, tradução e proteína).

Parte 2

- a) A figura abaixo representa como o processo molecular da produção da melanina em um indivíduo A/A ocorre, com a enzima tirosinase transformando a tirosina no pigmento escuro. Usando os mesmos símbolos, represente os processos dos indivíduos A/a e a/a.



b) Agora que você preencheu o desenho, você mudaria algo em sua resposta da parte 1 letra c? Se sim, o que seria?

8 ANEXO

ANEXO 1- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PESQUISA NA ÁREA DE ENSINO-APRENDIZAGEM EM GENÉTICA

Título do Projeto: “Ensino de Genética Conceito e aprendizagem”

Pesquisadores responsáveis: Prof^a Dr^a Adlane Vilas-Boas, Prof^a Dr^a Marina de Lima Tavares, Prof^a Dr^a Rafaella Cardoso Ribeiro, Jeovânio José da Rocha, LuísFonseca Guerra, Mayana Flávia Ferreira Piment, Renata Figueiredo Haddad

e-mail: adlane@ufmg.br / fones: 3409-2980/996511464

1. Esta seção fornece informações acerca do estudo em que você estará envolvido(a):

A. Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa que visa a avaliar o aprendizado em Genética dos estudantes de ensino básico. Seus pais permitiram que você participe. Os resultados deste estudo poderão fornecer maiores informações do processo de ensino e aprendizagem que envolvem conceitos de Genética no ensino básico e, além disso, possibilitar o desenvolvimento de estratégias pedagógicas envolvendo os temas estudados.

B. Em caso de dúvida, você pode entrar em contato com a pesquisadora responsável através dos telefones e endereço eletrônico fornecidos nesse termo. Em caso de dúvida quanto às questões éticas, você poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais pelo telefone (31) 3409 4592, pelo email coep@prpq.ufmg.br ou pelo endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º andar, sala 2005 – Campus Pampulha, Belo Horizonte, MG – CEP: 31270 901.

C. Se você concordar em participar deste estudo, você será convidado para realização de uma atividade prática de Genética em data de sua conveniência. Sua participação é importante para a pesquisa, porque o estudo busca entender as dificuldades que os estudantes enfrentam com alguns tópicos da Genética. O tempo estimado de duração para realização de tal atividade é de aproximadamente 30 minutos.

D. O seu nome será retirado de todos os trabalhos e substituído por um pseudônimo, caso seja necessário citar pessoas.

2. Esta seção descreve os direitos dos participantes desta pesquisa:

A. Você pode fazer perguntas sobre a pesquisa a qualquer momento e tais questões serão respondidas.

B. A sua participação é confidencial. Apenas os pesquisadores responsáveis terão acesso a sua identidade. No caso de haver publicações ou apresentações relacionadas à pesquisa, nenhuma informação que permita a sua identificação será revelada.

C. Sua participação é voluntária. Você é livre para deixar de participar na pesquisa a qualquer momento, bem como para se recusar a responder qualquer questão específica sem qualquer punição.

D. Este estudo envolve riscos mínimos. As perguntas poderão causar desconforto e/ou constrangimento mínimos; de qualquer forma, todo cuidado será tomado para que suas respostas sejam confidenciais.

3. Esta seção indica que você está dando seu consentimento para se realizar a pesquisa:

Participante:

A pesquisadora Profa Dra Adlane Vilas-Boas, professora do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), solicita minha participação neste estudo intitulado **“Estudos das concepções de licenciandos de ciências biológicas sobre a relação de dominância e recessividade.”**

Eu li e compreendi as informações fornecidas e recebi respostas para qualquer questão que coloquei acerca dos procedimentos de pesquisa. Eu entendi e concordo com as condições do estudo como descritas. Eu entendo que assinarei duas vias deste formulário de consentimento e que uma das vias ficará em meu poder.

Eu, voluntariamente, aceito participar desta pesquisa. Portanto, concordo com tudo que está escrito acima e dou meu consentimento.

_____, _____ de _____ de 2019.

Nome legível:

_____.

Assinatura:

Pesquisador(a):

Eu garanto que este procedimento de consentimento foi seguido e que eu respondi quaisquer questões que o participante colocou da melhor maneira possível.

_____, _____ de _____ de 2019.

Assinatura do(a) Pesquisador(a).