

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

LUCA RIBEIRO MENDES NICOLA

**O DESTINO ESTÁ NOS GENES! OS GENES ESTÃO NO CORPO!
A INFLUÊNCIA DAS IDEIAS DO DETERMINISMO GENÉTICO
EM ALUNOS DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**NITERÓI
2019**

LUCA RIBEIRO MENDES NICOLA

**O DESTINO ESTÁ NOS GENES! OS GENES ESTÃO NO CORPO!
A INFLUÊNCIA DAS IDEIAS DO DETERMINISMO GENÉTICO
EM ALUNOS DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel.

Orientadores:
Dr. Edson Pereira da Silva
Dra. Michelle Rezende Duarte

NITERÓI
2019

Ficha catalográfica automática - SDC/BCV
Gerada com informações fornecidas pelo autor

N634d Nicola, Luca Ribeiro Mendes
O DESTINO ESTÁ NOS GENES! OS GENES ESTÃO NO CORPO! A
INFLUÊNCIA DAS IDEIAS DO DETERMINISMO GENÉTICO EM ALUNOS DE
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS / Luca Ribeiro Mendes Nicola
; Edson Pereira da Silva, orientador ; Michelle Rezende
Duarte, coorientadora. Niterói, 2019.
58 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências
Biológicas)-Universidade Federal Fluminense, Instituto de
Biologia, Niterói, 2019.

1. Genética. 2. Evolução. 3. Alunos. 4. Produção
intelectual. I. Silva, Edson Pereira da, orientador. II.
Duarte, Michelle Rezende, coorientadora. III. Universidade
Federal Fluminense. Instituto de Biologia. IV. Título.

CDD -

ATA DE AVALIAÇÃO DE MONOGRAFIA

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Ciências Biológicas – Modalidade: Bacharel - Generalista.

Aos onze dias do mês de julho de dois mil e dezenove, às quatorze horas, na sala nove do Espaço Multidisciplinar do Instituto de Biologia da Universidade Federal Fluminense, reuniu-se a banca examinadora constituída pelos professores Luiz Mors Cabral (presidente), Manuel Gustavo Leitão Ribeiro (examinador) e Fernanda Gonçalves Arcanjo (examinadora), para avaliação da monografia de final de curso do aluno **Luca Ribeiro Mendes Nicola**, matrícula UFF 115.044.047, intitulada “**O DESTINO ESTÁ NOS GENES! OS GENES ESTÃO NO CORPO! A INFLUÊNCIA DAS IDEIAS DO DETERMINISMO GENÉTICO EM ALUNOS DE GRADUAÇÃO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**”, orientado pelos professores Edson Pereira da Silva e Michelle Rezende Duarte, que após apresentação foi julgada e aprovada com média final DEZ (50,0).

Niterói, 11 de julho de 2019.

Banca Examinadora:

Luiz Mors Cabral
Prof. Dr. Luiz Mors Cabral – UFF

Nota final 50,0

Manuel Gustavo Leitão Ribeiro
Prof. Dr. Manuel Gustavo Leitão Ribeiro – UFF

Nota final 50,0

Fernanda Gonçalves Arcanjo
Profª Msc. Fernanda Gonçalves Arcanjo – UFF

Nota final 50,0

“If we want to understand where these biological determinist theories of human life come from and what gives them their perpetual appeal, we must look not in the annals of biological science, but in the social and political realities that surround us, and in the social and political myths that constitute the ideology of our society”.

Richard Lewontin (1972)

AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de agradecer:

Ao meu pai e minha mãe, por me apoiarem independentemente do que eu faça. O suporte de vocês vai muito além do que eu posso descrever e sem vocês eu não estaria aqui (obviamente).

À Tetê, Sofia, Dani e Lara, que não influenciaram em nada meu trabalho, mas são meus irmãos e só por me aturarem já merecem uma menção honrosa.

Ao Edson, que destruiu minha visão de diversos aspectos da biologia e me mostrou a realidade complexa, intrincada e conflituosa da ciência, além de me ensinar que a vida não tem sentido.

À Michelle, que me ensinou a ter um apreço pelo trabalho acadêmico que eu não achei que tivesse e me mostrou que o pacote Office não é tão assustador quanto parece.

Aos meus colegas de laboratório, Felipe, Maíra, Tainara, Jéssica e outros que passaram horas comigo, me auxiliando e tendo o prazer de compartilhar do meu humor cortante, exímio gosto musical e humildade exemplar.

Aos meus amigos da faculdade, por terem tornado os dias mais leves, vir para UFF todos os dias foi muito mais fácil por causa de vocês. Em especial à Mariana Olaya, por ter me dado uma casa, muitas conversas, risadas e uma amizade que eu levo para o resto da minha vida. À Luiza, pelo conforto e carinho dos momentos vividos juntos. Ao João Pedro, por topar qualquer programa, mesmo que diminuísse a nossa expectativa de vida (não estou falando de drogas pesadas, pai e mãe, não se preocupem).

A todos os professores da UFF que eu tive e que me inspiraram por desempenhar um trabalho excepcional, mesmo que possa vir a ser frustrante por conta das condições nem sempre ideais, a dedicação dos senhores e senhoras é emocionante.

A todos os funcionários da limpeza, segurança, manutenção e outras áreas, que eu desconheço, mas que são necessários para a manutenção da UFF. Vocês são os heróis que não serão lembrados nos livros de história.

Ao Sci-Hub, a ferramenta que rompe com o mercado oligopsônico de empresas de revistas e busca democratizar o conhecimento.

À UFF, uma instituição pública de ensino de excelência que mudou a minha vida e a de milhões de jovens, ensinando humildade, respeito e apreço pelas instituições públicas.

A todas as pessoas que me acompanharam de alguma forma nessa jornada e que eu provavelmente esqueci de mencionar aqui.

RESUMO

A ideia de que as desigualdades encontradas na sociedade podem ser explicadas a partir de diferenças biológicas entre os indivíduos e, portanto, com base na herança genética é muito antiga e recorrente tanto no discurso social, quanto no discurso midiático. Essas teorias constituem uma tradição chamada de determinismo biológico, que tem sua versão mais recente, sofisticada e robusta no determinismo genético. Esse conjunto de ideias (determinismo biológico e determinismo genético) está fundado numa série de pressupostos equivocados, erros conceituais e nas mais diferentes formas de preconceito. No presente trabalho investigou-se a influência dessas ideias entre alunos de um curso de ciências biológicas. Para tanto, foi utilizado um questionário de perguntas abertas que avaliava a familiaridade dos alunos com diferentes conceitos da genética e a suscetibilidade à dois argumentos do determinismo genético. Os resultados indicaram que o nível geral de familiaridade dos alunos com os conceitos de genética é baixo e que há uma diferença na forma como eles se posicionam em relação aos argumentos do determinismo genético. De maneira geral, parece que a suscetibilidade dos alunos da amostra analisada está sendo influenciada tanto pela baixa familiaridade com os conceitos básicos de genética, quanto por uma concepção “fiscalista” que associa a influência dos genes à proximidade do corpo. Esses resultados indicam um cenário no qual o papel da escola e da universidade na formação de cidadãos letrados cientificamente deve ser destacado de modo a prevenir a influência da falácia do determinismo genético na sociedade.

Palavras chave: Determinismo Biológico, Fenótipo, Fisicalismo, Genética, Letramento Científico.

ABSTRACT

The idea that the inequalities which exist in society can be explained based on biological differences among individuals and, therefore, are genetically determined is very old. Authorities and media recurrently use this reasoning in justifying failures in the social system. These theories constitutes what is called biological determinism and its most recent and sophisticated brand is the genetic determinism. The biological-genetic determinism ideas are both grounded in a series of false assumptions, conceptual errors and blunt prejudice. The main aim of this research was to investigate the influence of such ideas on undergraduate Biology students. It was used an open-ended questionnaire which explored students' knowledge on basic genetic concepts as well as their susceptibility to two different genetic deterministic arguments. The results indicated low acquaintance on basic genetic concepts. Furthermore, students showed an adherence to a "physicalist" view, which associates gene determination to closeness of the characteristics to the body. These results denote that the deterministic fallacy should be faced by both, schools and universities, with an effort of scientific literacy to the citizenship, what is beyond the simple knowledge transmission.

Key words: Biological Determinism, Genetics, Phenotype, Physicalism, Scientific Literacy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Caracterização da amostra de estudantes do Curso de Ciências Biológicas trabalhada. A. Proporção dos diferentes gêneros na amostra. B. Histograma de idades. C. Proporção de alunos trabalhando. D. Histograma de períodos sendo cursados.....	20
Figura 2: Mapa dos recursos extracurriculares utilizados pelos alunos para obtenção de informações sobre Evolução e Genética. A. Histograma dos recursos utilizados. B. Canais e programas de televisão mais mencionados. C. Revistas mais mencionadas. D. Filmes mais mencionados.....	22
Figura 3: Resultados da codificação das respostas para as definições das palavras das quatro áreas de conhecimento. A. Respostas referentes ao modelo mendeliano de herança. B. Respostas referentes à teoria cromossômica de herança. C. Respostas referentes à biologia molecular. D. Respostas referentes à evolução.....	30
Figura 4: Resultado para os itens que apresentaram diferenças significativamente estatísticas entre semestres sequentes diretos. A. Resultados do item 2d. B. Resultados do item 2h. C. Resultados do item 2i.....	32
Figura 5: Resultados para os itens que não apresentaram diferenças significativamente estatísticas entre semestres sequentes diretos. A. Resultados das características com herdabilidade definida. B. Resultados das características com herdabilidade não fundamentada.....	34
Figura 6: Resultados da codificação das respostas da diferenciação entre genótipo e fenótipo. A. Respostas do tempo 1. B. Respostas do tempo 2. C. Respostas do tempo 3.....	36
Figura 7: Resultados da codificação das respostas referentes aos argumentos deterministas.....	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Sistema de codificação utilizado para cada uma das diferentes questões do questionário.....	25
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados dos testes de Mann-Whitney realizados entre semestres sequentes diretos. Em negrito, os resultados significativos.....	27
Tabela 2: Resultados dos testes de Mann-Whitney realizados entre os tempos 1, 2 e 3. Em negrito, os resultados significativos.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS

Ácido Desoxirribonucleico.....	DNA
Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.....	SBPC
Universidade de São Paulo.....	USP

SUMÁRIO

Folha de rosto.....	I
Ficha Catalográfica.....	II
Ata de Avaliação.....	III
Epígrafe.....	IV
AGRADECIMENTOS.....	V
RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE QUADROS.....	IX
LISTA DE TABELAS.....	X
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XI
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
<i>2.1 Objetivo geral.....</i>	<i>5</i>
<i>2.2 Objetivos específicos.....</i>	<i>5</i>
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
<i>3.1 Elaboração do questionário.....</i>	<i>6</i>
<i>3.2 Aplicação do questionário.....</i>	<i>7</i>
<i>3.3 Análise do questionário.....</i>	<i>7</i>
4. RESULTADOS.....	9
<i>4.1 Caracterização da amostra.....</i>	<i>9</i>
<i>4.2 Padrões de respostas.....</i>	<i>13</i>
<i>4.3 Familiaridade dos alunos quanto às diferentes áreas de conhecimento genético.....</i>	<i>19</i>
<i>4.4 Como os alunos estimaram a herdabilidade das características?.....</i>	<i>21</i>
<i>4.5 Diferenciando genótipo de fenótipo.....</i>	<i>25</i>
<i>4.6 Suscetibilidade aos argumentos deterministas.....</i>	<i>27</i>
5. DISCUSSÃO.....	29
6. CONCLUSÃO.....	38
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
8. APÊNDICES.....	45
<i>Apêndice 1. Questionário utilizado no trabalho.....</i>	<i>45</i>

1. INTRODUÇÃO

Em sua primeira agenda pública como candidato à vice-presidência da República, o general Antônio Hamilton Mourão (1953-atual) explicou que o povo brasileiro tem na sua herança biológica uma tendência a querer privilégios que veio dos ibéricos, uma indolência advinda dos indígenas e a malandragem de origem africana (retirado de: <https://oglobo.globo.com/brasil/vice-de-bolsonaro-diz-que-brasileiro-herdou-indolencia-do-indio-malandragem-do-africano-22955042>). Ao ser questionado sobre a sua assertiva, o militar da reserva reafirmou: *“Isso faz parte do DNA do brasileiro. Nós não somos nenhuma raça pura. Somos uma amálgama dessas culturas”*. Essa ideia de que as características presentes numa população podem ser reduzidas a sua herança biológica, longe de ser algo novo, permeia o senso comum e, também, as ciências desde antes do general nascer.

A explicação de que a origem das diferenças encontradas entre indivíduos, gêneros, etnias e nações está fundada na biologia é uma ideia antiga que se chama determinismo biológico (LEWONTIN, 1976). Exemplos da manifestação dessa concepção podem ser encontrados ao longo da história da humanidade. Na Grécia Antiga, em Esparta, por exemplo, os bebês considerados malformados eram jogados em um precipício (DURANT, 1966). Um pouco mais à frente na história, no século XVIII, físicos (como eram chamados os médicos) da Inglaterra afirmavam que, durante o desenvolvimento, havia uma competição entre o cérebro e o útero, o que determinaria que as mulheres submetidas à educação formal se tornariam estéreis (LEWONTIN, 1982). No ano de 1924, nos Estados Unidos, foi aprovada uma lei de restrição à imigração que estabelecia cotas de entrada de imigrantes de países do leste europeu,

com a justificativa de que esses imigrantes eram geneticamente inferiores e que a miscigenação acarretaria a poluição do conteúdo genético americano (ALLEN, 1997). Um estudo do governo, também nos Estados Unidos, realizado na década de 1990 atribuía à elevada taxa de criminalidade em cidades interioranas, nas quais a frequência de afrodescendentes era alta, a uma predisposição genética de negros a comportamentos violentos (ALLEN, 2001). E, no início dos anos 2000, com um investimento multimilionário, foi terminado o Projeto Genoma Humano que prometia revelar os segredos da “natureza”¹ humana (DAR-NIMROD & HEINE, 2011). Apesar de todas essas teorias e alegações terem sido desacreditadas do ponto de vista científico em algum momento, a grande teoria da determinação biológica das diferenças humanas não foi superada, mas veio mudando a sua causa material aristotélica (SOLHA & SILVA, 2004) que encontrou a sua forma mais robusta nos genes e seu discurso mais sofisticado no determinismo genético.

O determinismo genético afirma que as diferenças socioeconômicas observadas na sociedade são produto das diferenças de habilidades encontradas entre os indivíduos. Dessa forma, se os homens assumem com maior frequência cargos de liderança em grandes empresas do que as mulheres, isso se deve, segundo o discurso determinista, à maior capacidade de liderança dos indivíduos do gênero masculino. Portanto, essas habilidades estão associadas a diferenças biológicas entre os indivíduos como o gênero. Se essas diferenças têm natureza biológica, então, elas devem ser herdadas geneticamente. Como os genes se encontram codificados no DNA, logo, as diferenças que são encontradas entre indivíduos, gêneros, classes sociais, etnias, nações etc. devem ser um produto natural da expressão dos genes. Portanto, se está nos genes a codificação dessas características, então, elas são inapeláveis e inalteráveis. As diferenças entre os gêneros, etnias e classes sociais se tornam, portanto, entidades biológicas que reproduzem na sociedade a sua realidade biológica desigual (LEWONTIN, 1982).

Esse tipo de pensamento se baseia numa visão simplificada da expressão gênica, na qual características e genes têm uma relação de um para um, ou seja, que uma determinada característica (ou doença) pode ter a sua existência determinada por um gene específico (GERICKE *et al*, 2017). O problema é que, para organismos

¹Natureza está entre aspas por se referir a uma ideia essencialista que surge com Platão e, no século XX, com o advento da genética moderna, encontra uma base material na molécula do DNA que encerraria em um código todos os segredos das idiossincrasias individuais e da singularidade humana.

eucarióticos, relações monogênicas foram descritas para pouquíssimas características entre muitas já estudadas, com a grande maioria pertencendo à classe das características com origem poligênica, na qual a interação entre genes de diferentes *loci* contribuem para a formação do fenótipo (LEWONTIN, 2011). E, mesmo nesses casos, o modelo de origem poligênica não contabiliza a interação entre genes e ambiente no desenvolvimento de uma característica, ou seja, a norma de reação dos genótipos (LEWONTIN, 1982). É por conta disso que a tarefa de determinar uma base genética para as características fenotípicas é uma tarefa extremamente laboriosa e que, muitas vezes, não é possível de ser cumprida por conta do elevado número de genes envolvidos na determinação de uma única característica (KELLER, 2000). Mais que isso, dada a complexidade inerente à herança de características comportamentais (ROSE *et al.*, 1984), a afirmação de que a indolência ou a malandragem são genéticas está menos fundada em evidências científicas concretas e mais baseada em convicções de senso comum.

Apesar disso, a recorrência do discurso determinista genético tem sido descrita tanto no discurso social (KELLER, 2000) quanto no discurso midiático (CAMARGO JR. & CAMARGO I, 2010; CONDIT *et al.*, 1998; PHELAN *et al.*, 2013; VESTA, 2005). Existem diversas explicações para a persistência das ideias do determinismo genético apesar do seu descrédito como teoria científica. Uma explicação comumente utilizada para esse fato é a de que essas ideias são consequência de um baixo nível de conhecimento sobre genética e genômica (CASTÉRA & CLÉMENT, 2014). Outros trabalhos têm produzido evidências de que existe uma relação entre a aceitação das ideias do determinismo genético e alguns fatores sociais como religião, gênero e *status* socioeconômico (PARROTT *et al.*, 2004; SHOSTAK *et al.*, 2009). Mais que isso, alguns trabalhos têm demonstrado que quanto maior a crença das pessoas no determinismo genético, maior a sua predisposição para atitudes intolerantes como racismo, sexism, e atitudes discriminatórias contra pobres (DAMBRUN *et al.*, 2009; HASLAM *et al.*, 2002; KELLER, 2005). Independentemente da sua causa, a influência desse discurso se mostra resistente à mudança e uma grande quantidade de trabalhos tem relatado a presença dessas ideias no público em geral e, surpreendentemente, também entre alunos e professores de todos os níveis de ensino (BELMIRO *et al.*, 2017; CASTÉRA *et al.*, 2013; CASTÉRA & CLÉMENT, 2014; CONDIT *et al.*, 2001;

CONDIT *et al.*, 2004; CONDIR *et al.*, 2009; GERICKE *et al.*, 2017; JOAQUIM, 2007; KELLER, 2005; MORRIN-CHASSÉ, 2014; PARROT *et al.*, 2003; SHOTAK *et al.*, 2009; SUHAY & JAYARATNE, 2013).

Uma das características marcantes do determinismo genético é a sua roupagem científica, ou seja, ele se apresenta sempre em consonância com os avanços científicos mais recentes (genética molecular, genômica, biotecnologia etc.) e, algumas vezes, no posicionamento de algumas celebridades. Por exemplo, James Watson (1928-atual) ao fazer propaganda do Projeto Genoma Humano não se poupou de afirmar que “*...um livro de instruções mais importante do que esse nunca será achado em seres humanos... que irá, não só nos ajudar a entender como funcionamos como seres humanos saudáveis, mas também explicará o papel de fatores genéticos numa série de doenças como câncer, Alzheimer, e esquizofrenia...*” (WATSON, 1990). Essas são afirmativas no mínimo precipitadas do Prêmio Nobel de Medicina (1962) e colocam em evidência a forma como as premissas (falsas) e as promessas (enganosas) do determinismo genético vêm a público.

O determinismo genético representa não só um conjunto de ideias pseudocientíficas como, também, uma agenda conservadora (GOULD, 1981; LEWONTIN, 1982; ROSE *et al.*, 1984). Nesse sentido, a sua influência nas esferas pública, científica, educacional, social e política não podem ser subestimadas. Do ponto de vista educacional, a influência dessas ideias sobre alunos e professores é um problema, uma vez que estão fundadas numa série de pressupostos equivocados, em erros conceituais graves e nas mais diferentes formas de preconceito (LEWONTIN, 2011). Por conta disso, esse trabalho se dedicou a analisar a influência das ideias deterministas em alunos (Bacharelado e Licenciatura) de um curso de ciências biológicas, visto que esses estudantes representam uma parcela educada da juventude que deveria ser menos suscetível aos argumentos falaciosos do determinismo genético. Mais que isso, num contexto no qual a sociedade é fortemente norteada pelas informações advindas da atividade científica, esses jovens representam uma parte daqueles que estarão diretamente envolvidos na produção do conhecimento (pesquisadores) e no letramento científico da sociedade (professores).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

- 2.1.1. Avaliar a influência dos argumentos do determinismo genético em alunos de um curso de ciências biológicas.

2.2. Objetivos Específicos

- 2.2.1. Constatar as fontes extracurriculares pelas quais os alunos entram em contato com conceitos da Genética e Evolução;
- 2.2.2. Verificar os níveis de familiaridade dos alunos em relação a conhecimentos relativos ao modelo mendeliano, teoria cromossômica, Biologia Molecular e Evolução;
- 2.2.3. Investigar o posicionamento dos alunos quanto à herança de características de herdabilidade definida, não fundamentada, e não herdável;
- 2.2.4. Identificar o domínio dos alunos em diferenciar os conceitos de genótipo e fenótipo;
- 2.2.5. Determinar a disposição dos alunos para aceitar argumentos deterministas;

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Elaboração do questionário

Foi produzido um questionário para averiguar o quanto estudantes de ciências biológicas estão inclinados a aceitar argumentos do determinismo genético. A opção pelo instrumento questionário se deu devido ao fato de que, segundo GÜNTHER (2003), essa é uma forma rápida de levantamento de dados que permite a amostragem de um grande número de pessoas, garantindo, assim, uma amostra representativa do universo que se quer investigar. Questionários podem ser definidos como um “*conjunto de perguntas sobre determinado tópico que não testa a habilidade do respondente, mas mede sua opinião, seus interesses, aspectos de personalidade e informação biográfica*” (YAREMKO *et al.*, 1986). Dessa forma, os questionários permitem a exploração do imaginário de uma parcela específica da população (público-alvo) a respeito de determinado tema.

O questionário foi dividido em duas partes. A primeira era composta de perguntas abertas sobre dados como gênero, idade, ocupação, etc., as quais os alunos deveriam preencher brevemente. HEIGHAM & CROKER (2009) argumentam que a utilização deste tipo de pergunta está pautada no interesse do pesquisador em caracterizar a sua amostra obtendo informações sobre alguns fatos específicos como, por exemplo, a idade dos estudantes. Essa primeira parte possuía, também, uma seção de perguntas de sim/não com a possibilidade de complementação que tinham por objetivo sondar quais os recursos extracurriculares utilizados pelos alunos para obter informações sobre Genética e Evolução.

A segunda parte do questionário era composta de cinco questões abertas ou discursivas. A opção por questões abertas para essa seção se deu, pois elas permitem que os participantes expressem a sua opinião sem a influência do investigador, indicando o seu nível de familiaridade com o assunto (FODDY, 1993). Essa característica é particularmente interessante, dado que essa pesquisa buscou amostrar, o tanto quanto possível, a diversidade de ideias presentes na amostra de alunos trabalhada.

Na primeira questão era ofertada uma lista com palavras referentes a quatro áreas do conhecimento (Modelo Mendeliano, Teoria Cromossômica, Biologia Molecular e Evolução), as quais os alunos deveriam definir brevemente. A segunda questão, por sua vez, solicitava que os alunos dissessem a contribuição relativa dos genes (em porcentagem) para uma lista que incluía características de três tipos: não herdáveis, de herdabilidade definida e com herdabilidade não fundamentada. A terceira questão pedia que genótipo e fenótipo fossem diferenciados. As duas últimas questões apresentavam situações problema com a proposição de uma solução determinista, para a qual os alunos eram solicitados a se posicionar concordando ou discordando, bem como justificando as suas respostas (Apêndice 1).

3.2. Aplicação do questionário

Os questionários foram aplicados como pré-teste da disciplina de Evolução do ciclo básico do curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal Fluminense. Foram usados questionários relativos a seis semestres englobando 18 anos no tempo (segundo semestre de 2001; primeiro semestre de 2002; segundo semestre de 2009; primeiro semestre de 2010; segundo semestre de 2018; primeiro semestre de 2019). No total, 229 estudantes participaram da pesquisa.

Todos os participantes preencheram os questionários na presença do orientador dessa monografia. Após a aplicação dos questionários, os alunos assinaram um Termo de Assentimento, no qual eles eram informados da pesquisa que estava sendo realizada, assentiam em participar dela e tinham seu anonimato garantido. O tempo de preenchimento dos questionários variou entre 50-60 min.

3.3. Análise dos questionários

A análise dos questionários seguiu alguns procedimentos. Primeiramente foi realizada uma leitura geral das respostas dos alunos, o que permitiu a familiaridade com a diversidade de respostas encontradas. A partir disso foi possível passar a identificar palavras e/ou temas similares indicativos de um mesmo conteúdo semântico que definiram alguns padrões recorrentes de respostas. A partir da definição desses padrões foi estabelecido um sistema de pontos que permitiu a codificação dos dados em relação aos objetivos de cada questão. O resultado final dessa codificação permitiu testar se os padrões de respostas variavam significativamente entre as amostras de semestres sequentes diretos (2001-2002; 2009-2010; 2018-2019), bem como os tempos que eles representavam (T1 = 2001-2002; T2 = 2009-2010; T3 = 2018-2019). Além disso, foi testado, também, se havia diferença no padrão de respostas das duas últimas questões, relativas aos argumentos deterministas. Em todos esses casos foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney, que serve para estimar o quanto diferem as medianas de duas amostras independentes, indicando, de uma forma geral, a diferença entre os grupos de dados analisados (MCCRUM-GARDNER, 2007).

4. RESULTADOS

4.1. Caracterização da amostra

Dos 229 estudantes que compõem os participantes dessa pesquisa, 148 se identificaram com o gênero feminino e 77 com o gênero masculino. Duas pessoas, no entanto, não se identificaram com nenhum dos dois gêneros, evidenciando uma limitação do questionário, que não apresentava opções para além do binarismo tradicional de gênero. A idade dos participantes variou de 18 a 48 anos, com prevalência na faixa dos 19 a 22 anos. A maioria dos estudantes (77.5%) se encontrava no 4º e 5º semestres na progressão do curso. Ao serem questionados se exerciam algum trabalho, 79% responderam que não (Figura 1).

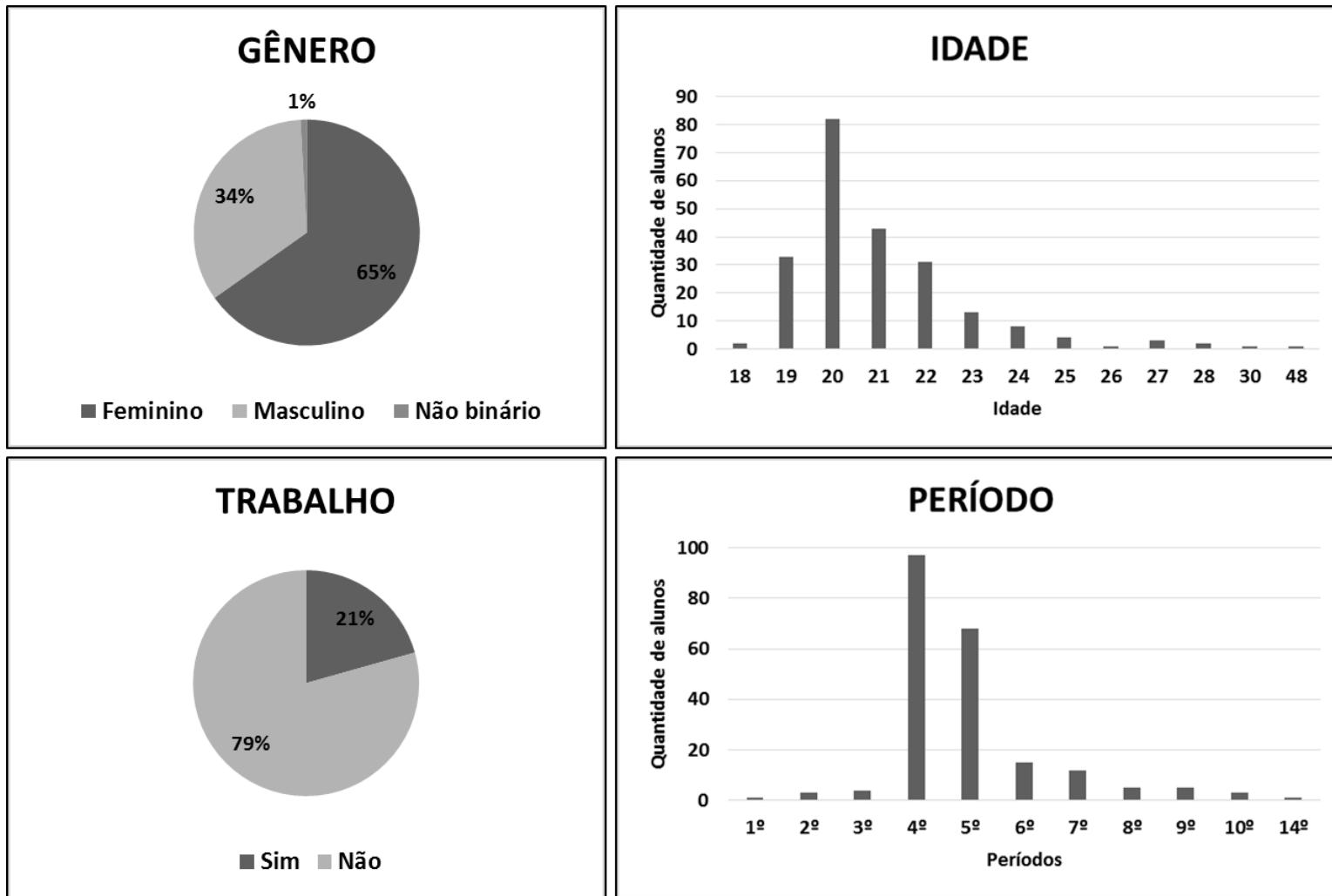


Figura 1. Caracterização da amostra de estudantes do Curso de Ciências Biológicas trabalhada.

Em seguida, foram analisados os resultados obtidos para os recursos extracurriculares indicados pelos alunos como fonte de informações sobre Genética e Evolução (Figura 2). Os mais relevantes foram televisão, revistas, escola e cinema, que juntos somaram mais de 80% de todas as respostas e, ao retirar a “escola”, as outras três categorias ainda são responsáveis por quase 70% do total. Dentre os programas e canais de televisão, o canal *Discovery Channel* foi citado em mais de 40% das respostas. Quanto às revistas mencionadas, a *Superinteressante* apareceu em um número de respostas quase três vezes maior que a *Ciência Hoje*. Em relação aos filmes, *Jurassic Park*, uma obra de ficção científica que aborda a criação de dinossauros a partir de uma amostra de DNA fossilizado (Crichton, 1990), representou 30% do total de respostas.

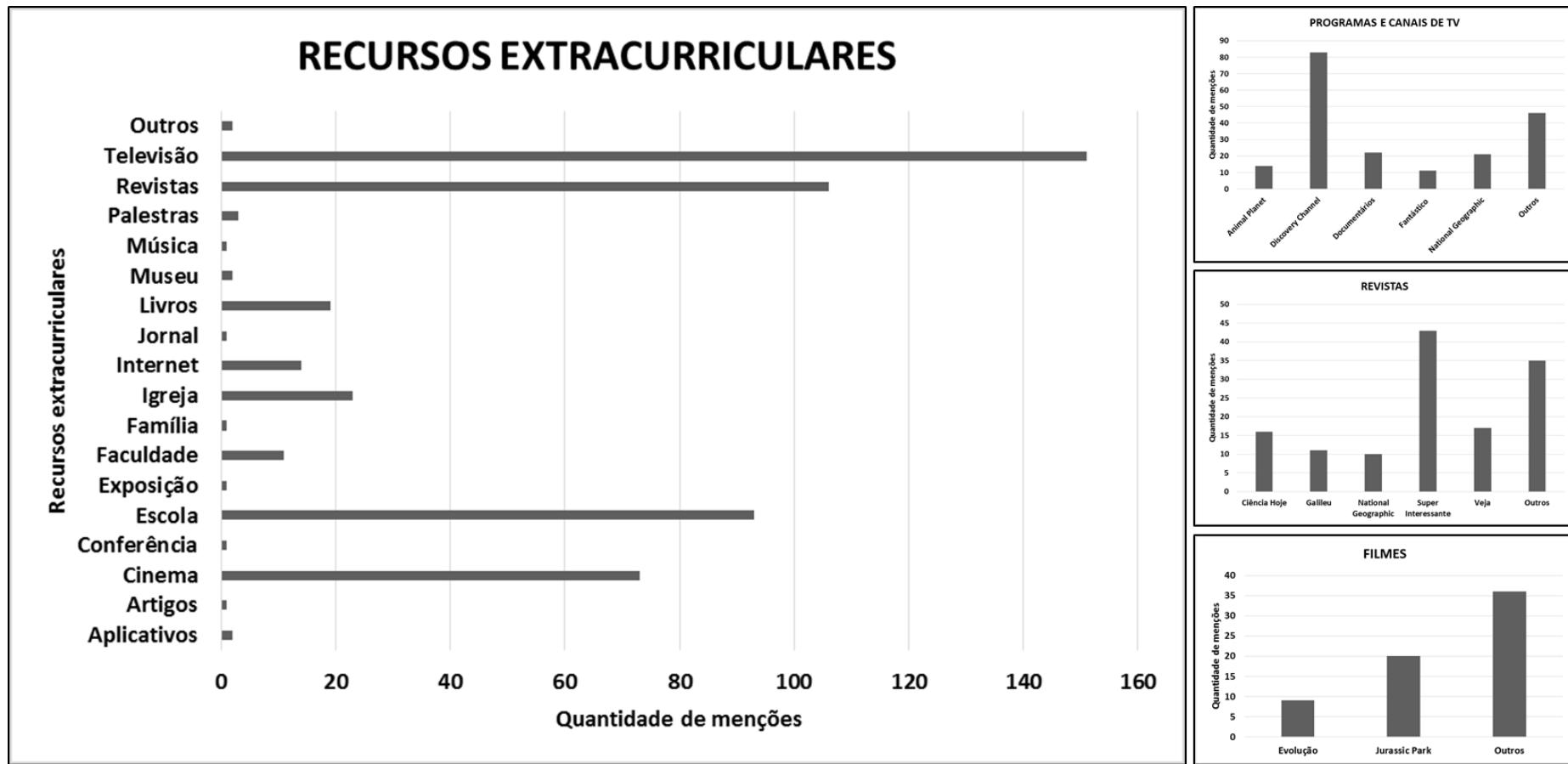


Figura 2. Mapa dos recursos extracurriculares mencionados pelos quais os alunos entram em contato com conceitos da Genética e Evolução.

4.2. Padrões de respostas

O sistema de codificação aplicado às questões 1 (definição das palavras de diferentes áreas do conhecimento da genética) e 3 (diferenciação entre genótipo e fenótipo), produziu pontuações que variaram entre 0 e 4 representando as categorias: não respondeu, resposta sem sentido, respondeu mal, respondeu razoável e respondeu bem, respectivamente (Quadro 1). Sendo que, em relação à questão 1, quando a definição de uma palavra dada por um aluno apresentava conceitos de mais de uma área do conhecimento, a pontuação era contabilizada para a área a qual a palavra pertencia e para a área da qual os conceitos foram importados. Exemplificando, se ao definir a palavra “gen”, uma resposta contivesse palavras como DNA ou informação, a pontuação era somada tanto para a área “Modelo Mendelian” quanto para área de “Biologia Molecular”.

Para as respostas da questão 2, utilizando outros estudos como base (GERICKE *et al.*, 2017; RESNIK & VORHAUS, 2006), foi estabelecido um sistema de pontuação específico para cada grupo de características com diferentes herdabilidades. Para as respostas referentes às características com herdabilidade definida (cor da pele, cor dos olhos, hemofilia e daltonismo) foram consideradas adequadas porcentagens que estivessem de acordo com os altos índices de herdabilidade atribuídos às características desse grupo (BARSH, 2003; LIU *et al.*, 2009; PIERCE, 2016). A escolha dessas características para compor esse grupo se justifica por serem características físicas e de natureza qualitativa, sendo possível estimar a sua ausência ou presença de modo objetivo e, portanto, apresentando estimativas de herdabilidade bem definidas na literatura. Por exemplo, uma resposta que atribuiu um valor de 90% de contribuição genética para o daltonismo foi considerada adequada, logo ela recebeu uma pontuação alta. Dessa forma, a pontuação definida foi: 0 (não respondeu); 1 (característica com baixa herdabilidade); 2 (característica com alta herdabilidade). Sendo que, para esse grupo, foram consideradas como de alta herdabilidade respostas com valores percentuais maiores ou iguais a 90%, a exceção da característica “cor da pele”, para a qual foram consideradas de alta herdabilidade respostas que indicavam valores percentuais maiores ou iguais a 40%.

De modo contrário, para características com herdabilidade não fundamentada (esquizofrenia, inteligência, alcoolismo, personalidade, homossexualidade e agressividade), foram consideradas adequadas aquelas respostas que apontaram uma baixa porcentagem de contribuição genética na determinação dessas características. Condições psicológicas como, por exemplo, alcoolismo e esquizofrenia provêm da rotulação de uma gama de comportamentos como se fosse uma única característica e, portanto, evidências da origem genética para essas características são pouco objetivas (ROSE *et al.*, 1984; GOULD, 1981). Nesse sentido, a pontuação definida foi: 0 (não respondeu); 1 (característica com alta herdabilidade); 2 (característica com baixa herdabilidade). Em relação a esse grupo de características, foram consideradas respostas de baixa herdabilidade aquelas que apresentavam valores percentuais abaixo ou igual a 20%. Para o terceiro grupo, de características não herdáveis (AIDS e gripe), a pontuação definida foi semelhante à do grupo anterior, visto que é bem documentada a natureza ambiental dessas condições (FOSTER, 2002; EARN *et al.*, 2002). Dessa forma, os percentuais que definiam respostas indicando baixa herdabilidade dessas características, eram todas aquelas que apresentavam qualquer percentual acima de 0%.

As questões 4 e 5 ofereciam soluções deterministas para situações problema, logo, os alunos poderiam concordar ou discordar da solução oferecida e, as justificativas, poderiam ser coerentes ou não com seus posicionamentos. Nesse sentido foram definidas as seguintes categorias para as respostas: -3 (determinista coerente); -2 (determinista); -1 (determinista incoerente); 0 (não respondeu); 1 (não determinista incoerente); 2 (não determinista); 3 (não determinista coerente). Ou seja, a resposta que concordasse com a solução determinista e justificasse de forma coerente, seria enquadrada na categoria “determinista coerente” e, caso não apresentasse justificativa, era enquadrada na categoria “determinista”. De forma semelhante, aquelas respostas que concordassem com a solução determinista, mas se contradissem na justificativa, eram codificadas como “determinista incoerente”.

Quadro 1. Sistema de codificação utilizado para cada uma das diferentes questões do questionário.

QUESTÃO	OBJETIVO	CODIFICAÇÃO	PONTUAÇÃO
1a até 1q	Definição de palavras referentes ao Modelo Mendeliano, Teoria Cromossômica, Biologia Molecular e Evolução	Não respondeu	0
		Resposta sem sentido	1
		Respondeu mal	2
		Respondeu razoável	3
		Respondeu bem	4
2a, 2c, 2g, 2j	Contribuição relativa dos genes para características com herdabilidade definida	Não respondeu	0
		Baixa herdabilidade ($x < 90\%$)	1
		Alta herdabilidade ($x > ou = 90\%$)	2
2b, 2d, 2e, 2f, 2k, 2l	Contribuição relativa dos genes para características com herdabilidade não fundamentada	Não respondeu	0
		Alta herdabilidade ($x > 20\%$)	1
		Baixa herdabilidade ($x < ou = 20\%$)	2
2h, 2i	Contribuição relativa dos genes para características não herdáveis	Não respondeu	0
		Alta herdabilidade ($x > 0\%$)	1
		Baixa herdabilidade ($x = 0\%$)	2
3	Diferenciação entre genótipo e fenótipo	Não respondeu	0
		Resposta sem sentido	1
		Respondeu mal	2
		Respondeu razoável	3
		Respondeu bem	4
4 e 5	Concordar ou discordar de uma solução determinista, justificando sua resposta	Determinista coerente	-3
		Determinista	-2
		Determinista incoerente	-1
		Não respondeu	0
		Não determinista incoerente	1
		Não determinista	2
		Não determinista coerente	3

Os resultados dos 96 testes para diferenças nas categorias de respostas de todas as questões entre as amostras de semestres sequentes diretos indicaram que não houve diferença estatisticamente significativa, a exceção de três itens da questão 2 (inteligência, AIDS e gripe) nos semestres sequentes de 2018 e 2019 (Tabela 1). Dessa forma, as amostras de todas as outras categorias de respostas foram agrupadas em três diferentes tempos: tempo 1 (T1) composto das amostras dos semestres 2001 e 2002; tempo 2 (T2) composto dos semestres de 2009 e 2010; e tempo 3 (T3) composto dos semestres 2018 e 2019. Os resultados dos testes estatísticos realizados entre os três tempos (T1, T2, T3) mostraram 20 casos que apresentaram desvios significativos (Tabela 2). Esses resultados serão apresentados em maiores detalhes nas próximas seções.

Tabela 1. Resultados dos testes de Mann-Whitney realizados entre semestres sequentes diretos. Em negrito, os resultados significativos.

Nº	QUESTÃO	VALOR DE p		
		2001 x 2002	2009 x 2010	2018 x 2019
1a	Mendel	0.1877	0.7504	0.9495
1b	Gen	0.1789	0.2132	0.4122
1c	Cromossoma	0.0931	0.4349	0.8505
1d	Meiose	1	0.6845	0.309
1e	XXY	0.981	0.5427	0.2548
1f	Herança ligada ao sexo	0.7358	0.527	0.5022
1g	Trissomia	0.4061	0.8877	0.4422
1h	Ítron	0.805	0.0531	0.6081
1i	Transcrição	0.4367	0.1176	0.9471
1j	Histona	0.8654	0.3323	0.5862
1k	ARNm	0.7956	0.9461	0.6085
1l	Endonuclease de restrição	0.8472	1	0.3202
1m	Darwin	0.6467	0.8651	0.1515
1n	Raça	0.3294	0.7286	0.3894
1o	Pleiotropia	0.3675	0.6972	0.5414
1p	Evolução	0.6503	0.7832	0.2703
1q	Operon	0.1445	0.3501	0.4581
2a	Cor da pele	0.6103	1	1
2b	Esquizofrenia	0.535	0.5173	0.1179
2c	Cor dos olhos	0.909	0.1977	1
2d	Inteligência	0.6823	1	0.0006
2e	Alcoolismo	0.5575	0.1892	0.8358
2f	Personalidade	0.6278	0.3687	0.8949
2g	Hemofilia	0.1988	1	0.5259
2h	Aids	0.6448	0.7355	0.018
2i	Gripe	0.1444	0.5982	0.0038
2j	Daltonismo	0.0874	0.7147	0.2651
2k	Homossexualidade	0.0983	0.1017	0.1831
2l	Agressividade	0.1492	0.4731	0.5839
	3	0.9649	0.871	0.8344
	4	0.6178	0.6696	0.1027
	5	0.2858	0.9101	0.2618

Tabela 2. Resultados dos testes de Mann-Whitney realizados entre os tempos 1, 2 e 3. Em negrito, os resultados significativos.

Nº	QUESTÃO	VALOR DE p		
		T1 x T2	T2 x T3	T1 x T3
1a	Mendel	0.3706	0.0052	0.1202
1b	Gen	0.5217	0.5874	0.3199
1c	Cromossoma	0.4933	0.2227	0.7323
1d	Meiose	0.8783	0.5159	0.4578
1e	XXY	0.1147	0.0022	0.0835
1f	Herança ligada ao sexo	0.9795	0.0282	0.0694
1g	Trissomia	0.9172	0.0001	0.0008
1h	Ítron	0.878	0.1441	0.12
1i	Transcrição	0.9369	0.0286	0.078
1j	Histona	0.8382	0.2112	0.196
1k	ARNm	0.5899	0.0069	0.062
1l	Endonuclease de restrição	0.7723	0.1286	0.2165
1m	Darwin	0.6574	0.0307	0.1103
1n	Raça	0.5333	0.005	0.0923
1o	Pleiotropia	0.4404	0.2477	0.9085
1p	Evolução	0.7943	0.163	0.1803
1q	Operon	0.9381	0.009	0.0147
2a	Cor da pele	0.178	0.1902	0.0036
2b	Esquizofrenia	0.1396	0.3836	0.3379
2c	Cor dos olhos	0.4402	1	0.4264
2d	Inteligência	0.694	0.0078	0.0415
2e	Alcoolismo	0.6913	0.606	0.3687
2f	Personalidade	0.4416	0.0583	0.3468
2g	Hemofilia	0.7942	0.5563	0.8379
2h	Aids	0.0458	0.0303	0.0001
2i	Gripe	0.0283	0.0456	0.0001
2j	Daltonismo	0.5892	0.7531	0.347
2k	Homossexualidade	0.7579	0.5673	0.903
2l	Agressividade	0.3726	0.2864	0.9968
3		0.5555	0.3073	0.0976
4		0.0802	0.0875	0.5752
5		0.4479	0.9927	0.3863

4.3. Familiaridade dos alunos quanto às diferentes áreas de conhecimento genético

Os resultados da questão 1, que sondava a familiaridade em relação ao Modelo Mendeliano (1a, 1b, 1f, 1o), Teoria Cromossômica (1c, 1d, 1e, 1g), Biologia Molecular (1h, 1i, 1j, 1k, 1l, 1q) e Evolução (1m, 1n, 1p), indicaram um baixo nível de domínio dos alunos em relação a essas áreas do conhecimento de genética, visto que, de uma maneira geral, os alunos não foram capazes de definir satisfatoriamente as palavras ofertadas (Figura 3). Além disso, o número de perguntas não respondidas foi maior do que 20% para os três tempos avaliados. Essa alta porcentagem se deveu, majoritariamente, a falta de respostas para as perguntas referentes à “pleiotropia”, “endonuclease de restrição” e “operon”. As duas últimas pertencem à área Biologia Molecular, que foi a que apresentou o melhor desempenho geral entre as quatro áreas investigadas, seguida de Teoria Cromossômica, Modelo Mendeliano e Evolução.

Em algumas das respostas foi observada uma aglomeração de conceitos teóricos distintos. Por exemplo, a grande maioria das definições da palavra “gen” fazia referência à informação genética, código genético, DNA e cromossomo. De maneira semelhante, grande parte das definições de cromossomo mencionava código genético, DNA, unidade hereditária e determinante do fenótipo. Menos variadas foram as respostas dadas para “herança ligada ao sexo” que envolviam, quase sempre, menção aos cromossomos.

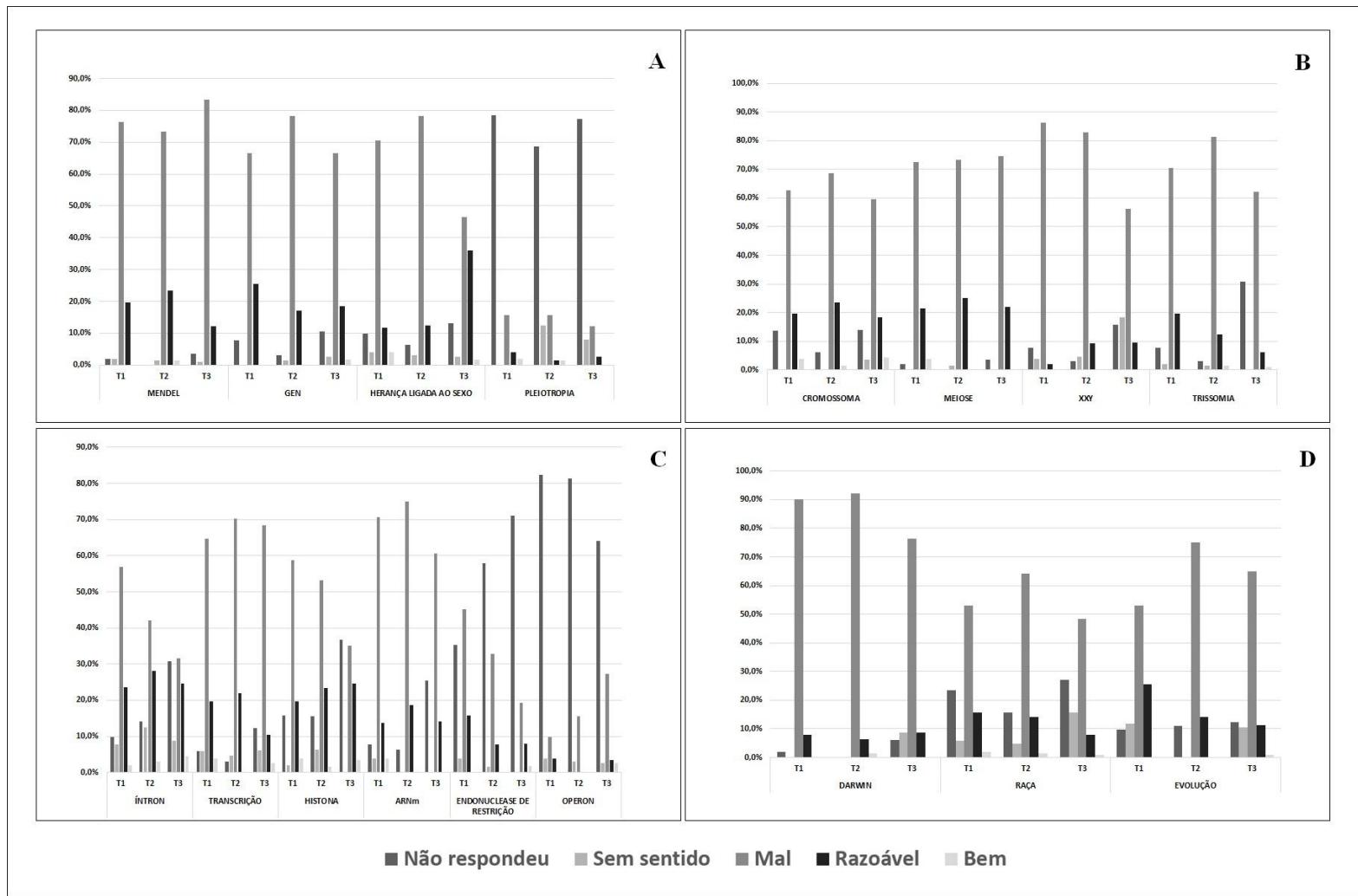


Figura 3. Resultados da codificação das respostas para as definições das palavras das quatro áreas de conhecimento. A. Respostas referentes ao modelo mendeliano de herança. B. Respostas referentes à teoria cromossômica de herança. C. Respostas referentes à biologia molecular. D. Respostas referentes à evolução.

4.4. Como os alunos estimaram a herdabilidade das características?

A questão 2 tinha como objetivo determinar o posicionamento dos alunos em relação à contribuição genética para características com herdabilidade definida (2a, 2c, 2g, 2f), não fundamentada (2b, 2d, 2e, 2f, 2k, 2l) e características não herdáveis (2h, 2i). Os resultados para as características inteligência, AIDS e gripe, que mostraram diferenças estatisticamente significativas entre os semestres sequentes foram separados dos resultados das outras características (Figura 4). Fica evidente que as respostas do primeiro semestre de 2019 são aquelas que apresentaram um maior peso dos genes na determinação dessas três características. Isso é especialmente preocupante quando se sabe que duas delas não chegam nem a ser herdáveis. É importante ressaltar que, apesar de índices de herdabilidade terem sido usados como referência para pontuar as respostas dos alunos nessa questão, eles apresentam capacidade explicativa limitada, uma vez que são definidos para populações específicas e, portanto, não podem ser generalizados (LEWONTIN, 1982; VITZTHUM, 2003).

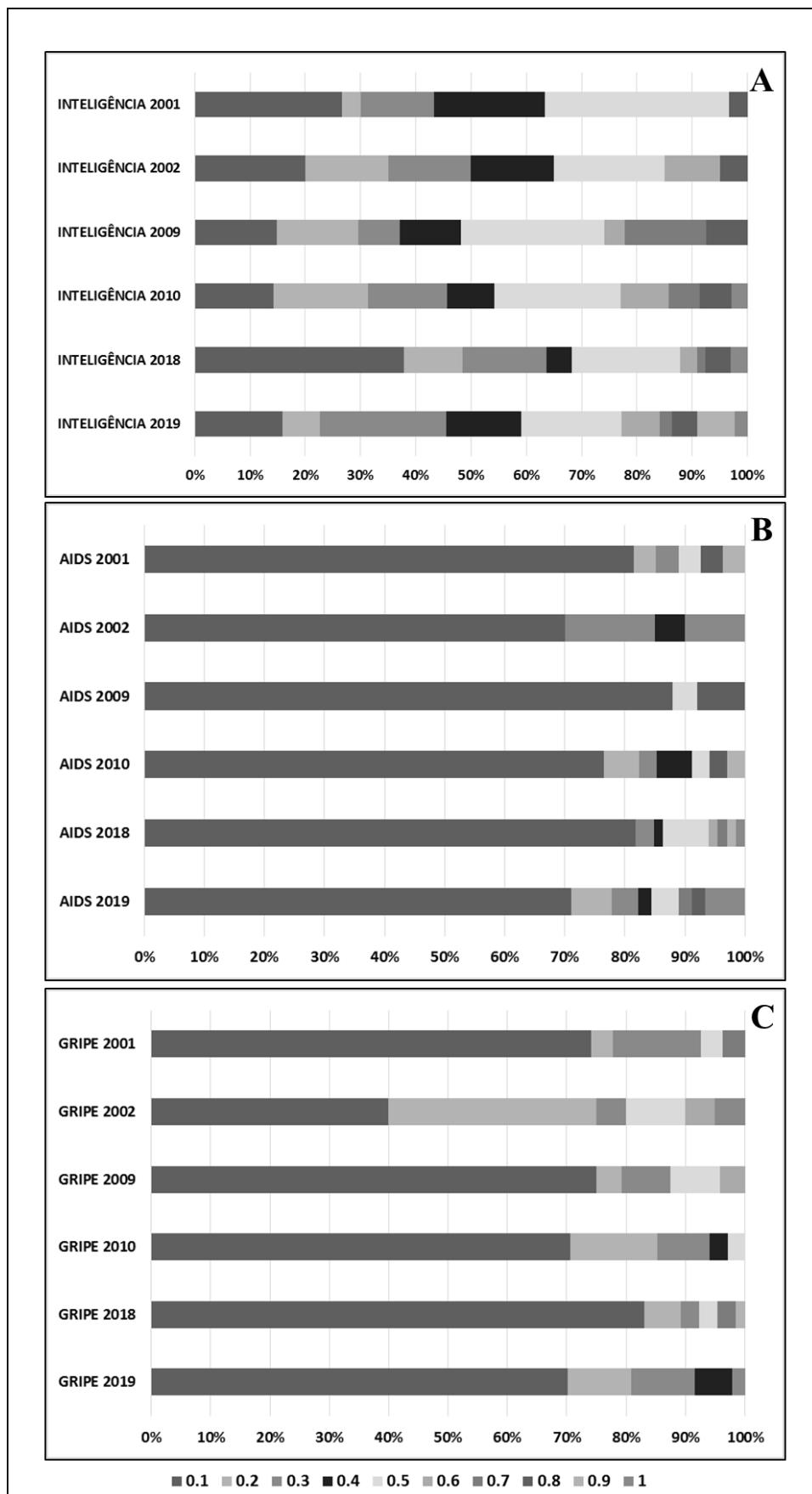


Figura 4. Resultado para os itens que apresentaram diferenças significativamente estatísticas entre semestres sequentes diretos. A. Resultados do item 2d. B. Resultados do item 2h. C. Resultados do item 2i.

Os resultados que não apresentaram diferenças estatisticamente significativas foram agrupados por tempos (Figura 5). Como esperado há uma clara diferença entre os padrões de respostas para características com herdabilidade definida, herdabilidade não fundamentada e características não herdáveis, com a contribuição genética apontada pelos alunos decrescendo respectivamente em relação a elas. É notável, ainda, que a “homossexualidade” foi à característica para a qual os alunos indicaram a menor contribuição dos genes, menor ainda que características não herdáveis como gripe e AIDS.

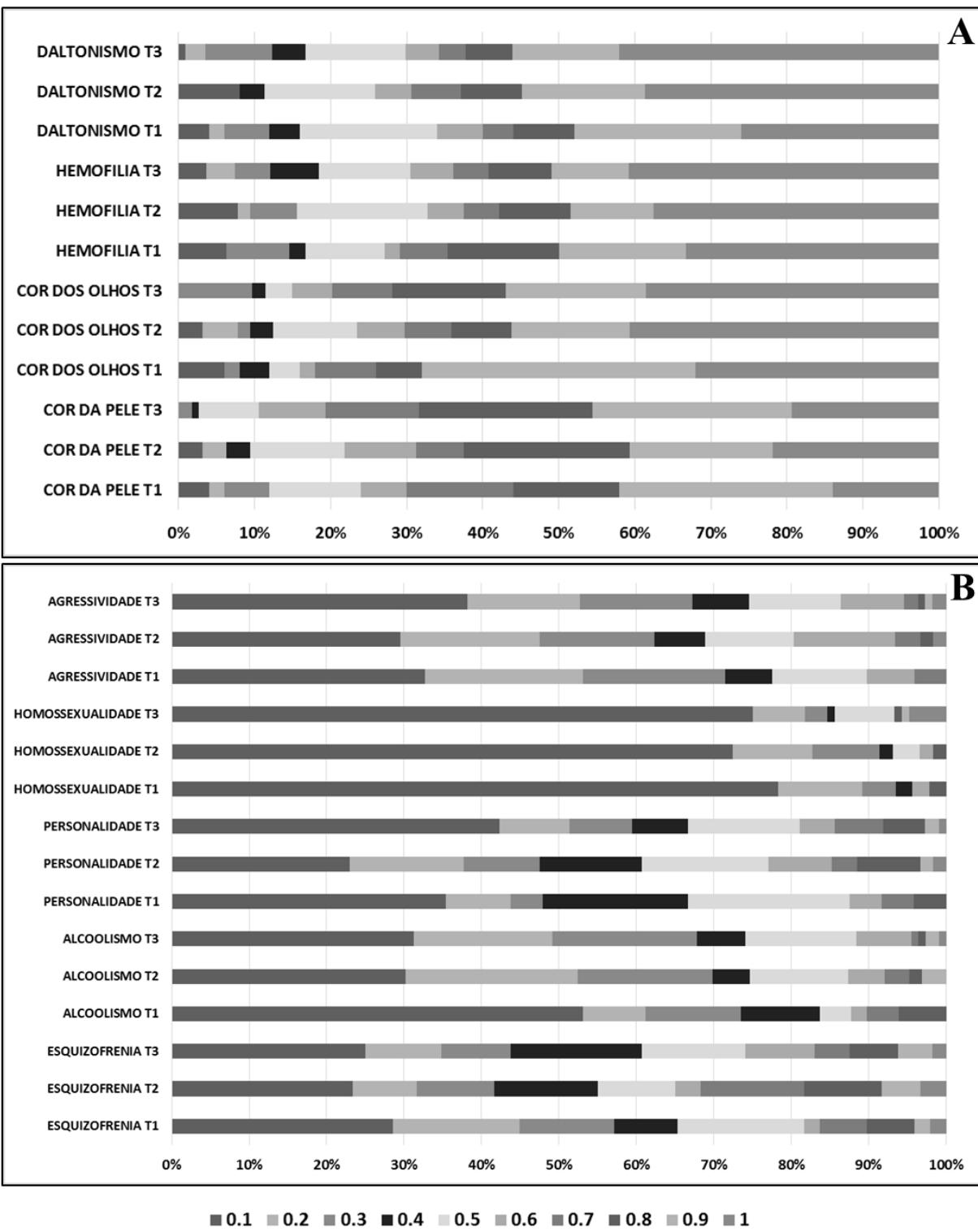


Figura 5. Resultados para os itens que não apresentaram diferenças significativamente estatísticas entre semestres sequentes diretos. A. Resultados das características com herdabilidade definida. B. Resultados das características com herdabilidade não fundamentada.

4.5. Diferenciando genótipo de fenótipo

A questão 3 investigava como os alunos percebiam as diferenças entre genótipo e fenótipo. De uma maneira geral, as respostas indicam pouca clareza em relação a esses conceitos. Se a pergunta pedia para que os conceitos fossem diferenciados, o que a maioria das respostas apresentava eram duas definições paralelas sem a preocupação de elaborar as distinções entre eles. Não foi possível encontrar diferenças significativas entre as respostas entre os períodos ou os tempos, contudo, observa-se uma tendência de diminuição da compreensão desses conceitos ao longo do tempo. Invariavelmente, a resposta que mais apareceu fazia referência ao fenótipo simplesmente como a expressão do genótipo em características.

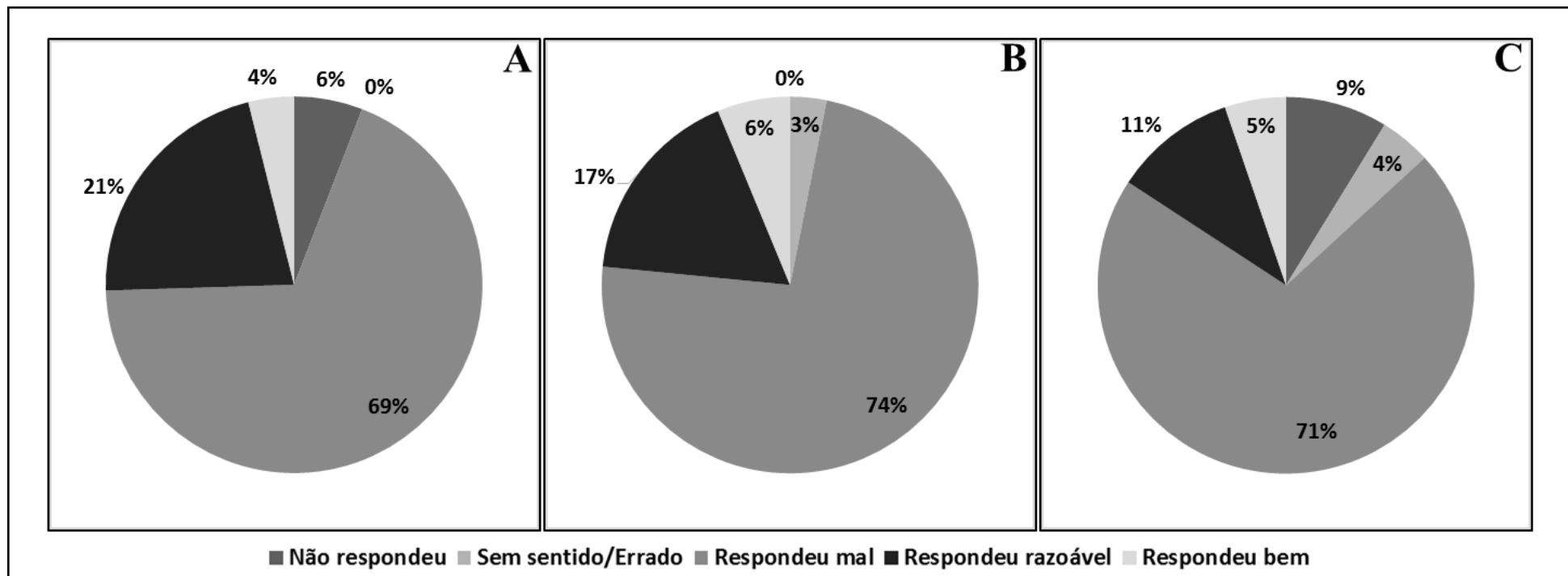


Figura 6. Resultados da codificação das respostas da diferenciação entre genótipo e fenótipo. A. Respostas do tempo 1. B. Respostas do tempo 2. C. Respostas do tempo 3.

4.6. Suscetibilidade aos argumentos deterministas

Os resultados para as questões 4 e 5 que ofereciam soluções deterministas para situações problema estão mostrados na Figura 6. As respostas dos alunos apontam para uma baixa suscetibilidade aos argumentos deterministas, contudo, com uma diferença significativa entre as questões. A questão 5, relativa a herança da inteligência, obteve um maior número de respostas concordando com a explicação determinista que a questão 4, relativa a herança do “gostar de couve” (teste de Mann-Whitney, $p<0.0005$).

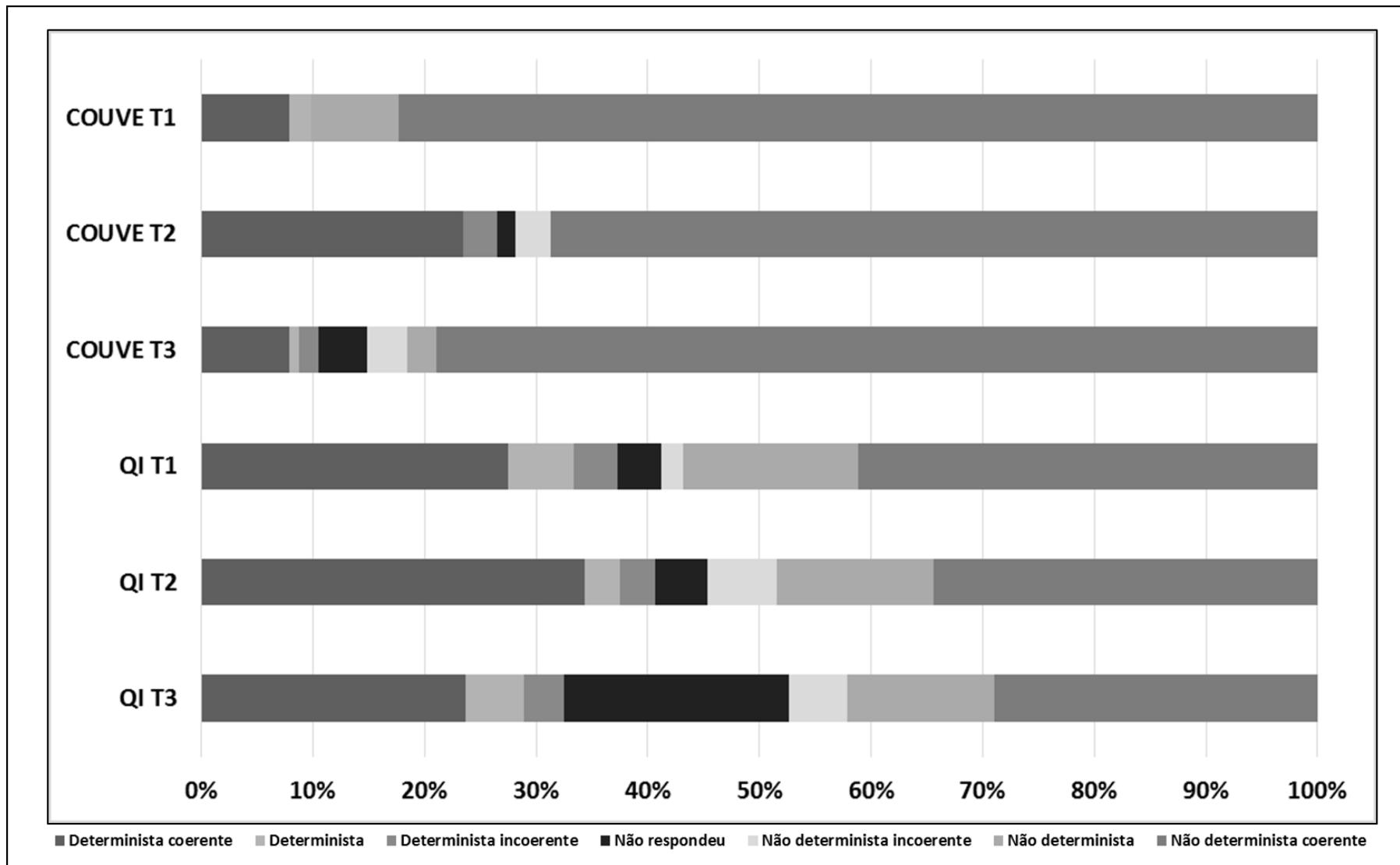


Figura 7. Resultados da codificação das respostas referentes aos argumentos deterministas.

5. DISCUSSÃO

Em relação aos recursos utilizados para obtenção de informações sobre genética e evolução, os alunos demonstraram uma tendência a usar aqueles que não oferecem uma descrição objetiva do conhecimento científico como, por exemplo, o canal *Discovery Channel*. Em função da sua disputa por uma posição no mercado, esse canal se utiliza de roteiros que envolvem recursos de ficção de modo a tornar a sua programação mais atraente para o telespectador (DINGWALL & ALDRIDGE, 2006). A própria descrição do canal no seu sítio da internet (<https://corporate.discovery.com/businesses-and-brands/>) afirma que seu objetivo principal é o “*entretenimento da vida real, oferecendo aos fãs apaixonados ao redor do mundo conteúdo que inspira, informa e entretem*”. Ou seja, o *Discovery Channel* é uma plataforma de entretenimento que, para se manter competitiva no mercado, submete a informação ao espetáculo.

O mesmo pode ser dito a respeito da revista *Superinteressante* (a mais buscada pelos alunos para adquirir suas informações sobre genética e evolução). TUCHERMAN e colaboradores (2010) relataram que, apesar das matérias dessa revista apresentarem um discurso informativo, são encontrados nela, também, discursos de cunho messiânico e catastrófico. Além disso, a *Superinteressante*, por buscar um nicho de público variado e não especializado na área de ciências, se utiliza de uma linguagem que se distancia do rigor dos institutos de pesquisas e se aproxima de um discurso fantástico sobre os avanços da ciência (MORAES, 2007).

Contudo, a terceira revista mais citada pelos alunos foi a *Ciência Hoje*, um veículo ligado à Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e que tem como linha editorial a valorização da divulgação da pesquisa nacional adotando, inclusive, uma avaliação por pares dos artigos a serem publicados (CASAGRANDE *et al.*, 2011). Diferentemente da *Superinteressante*, um artigo publicado nessa revista representa uma forma de divulgação que valoriza o rigor das informações, seguindo critérios reconhecidos pela comunidade científica nacional.

Tratando-se do cinema, foi majoritária a referência ao filme *Jurassic Park* (SPIELBERG, 1993) nas respostas dos alunos. Nesse filme, que envolve no seu enredo elementos como manipulação genética, clonagem e terapia gênica é evidente a apresentação do DNA como uma receita para construção dos organismos vivos (SILVA, 2005). Este tipo de perspectiva, além de altamente simplificadora do papel e função do DNA nos seres vivos, favorece uma visão determinista do desenvolvimento. Ou seja, subestima a influência de uma série de mecanismos celulares e epigenéticos envolvidos tanto na replicação do próprio DNA quanto no processo de desenvolvimento de um organismo vivo (ROSE, 2001).

Esses resultados, de certa forma, são preocupantes, uma vez que representam uma amostra relevante de futuros professores de ciências e biologia e se mantiveram praticamente inalterados para três diferentes unidades temporais de alunos de um curso de Ciências Biológicas. Contudo, eles não são, de modo algum, surpreendentes. A influência das mais diversas formas de mídia (revistas, cinema, TV, noticiários etc.) nas concepções sobre genética e evolução de alunos, professores e do público em geral tem sido descrita na literatura, inclusive com relação a concepções deterministas biológicas (ANDREYCHIK & GILL, 2014; KELLER, 2005; LAZAROWITZ & BLOCH, 2005; PHELAN *et al.*, 2013; SHAW, *et al.*, 2008; WILLIAMS & EBERHARDT, 2008).

Voltando-se agora para as áreas da genética e evolução com as quais os alunos estavam mais familiarizados, os resultados indicaram um padrão

insatisfatório de respostas para todas as quatro áreas investigadas, além de um elevado número de questões não respondidas, corroborando o padrão encontrado na literatura (GERICKE *et al.*, 2017; JOAQUIM, 2007; SHAW, *et al.*, 2008; WOOD-ROBINSON *et al.*, 2000). BELMIRO e colaboradores (2017), por exemplo, realizaram uma análise estatística das concepções prévias de 208 estudantes pré-universitários de escolas estaduais, municipais, federais e privadas no estado de Minas Gerais acerca de conceitos da genética (cromossomo, gene, alelo, divisões celulares, redundância do código genético, probabilidade e ploidia). Em geral, a média de acertos para o questionário utilizado no estudo foi considerada baixa (51,4%), com a maior média pertencendo às escolas federais (63,6%). Foi verificado, também, que os estudantes de todas as escolas apresentaram concepções equivocadas a respeito de conceitos considerados básicos para genética como “alelos”, “redundância do código genético” e “ploidia”. Outro trabalho realizado sobre a mesma temática é o de INFANTE-MALACHIAS e colaboradores (2010), que avaliaram o entendimento de conceitos relacionados à genética por 217 alunos de seis cursos de graduação da área da saúde da Universidade Federal de São Paulo (USP), sendo que a grande maioria (140) pertencia ao curso de Ciências Biológicas. O questionário utilizado investigou a compreensão dos alunos sobre assuntos como a representação de cromossomos, processos de divisão celular, herança mendeliana e a localização do material genético. Os resultados indicaram um baixo percentual de acerto (menos de 60%) para todos os cursos, com os estudantes de Biologia apresentando os melhores resultados. Os pesquisadores avaliaram ainda o desempenho de alunos em períodos iniciais e mais avançados no curso e, surpreendentemente, alunos no início do curso tiveram um percentual de acertos maior do que o grupo de formandos.

Um resultado interessante encontrado no presente trabalho diz respeito às definições de “gen” que foram oferecidas pelos alunos. Vários estudos (FALK, 2014; FLODIN, 2009; GERICKE & WAHLBERG, 2013; JOAQUIM, 2007; LEWIS *et al.*, 2000; STOTZ *et al.*, 2004) têm indicado

que “gen” é uma palavra polissêmica englobando significados tão diversos quanto uma unidade hereditária, um alelo do cromossomo, uma porção de DNA que codifica uma proteína e um programa de desenvolvimento. Resultado muito semelhante foi encontrado para as amostras de alunos analisadas neste trabalho. A explicação para esse fenômeno tem sido relacionada ao fato de que diversos livros didáticos apresentam uma aglomeração de conceitos teóricos distintos quando lidando com o conceito de gene (AIVELO & UITTO, 2015; ALBUQUERQUE *et al.*, 2008; CASTÉRA *et al.*, 2008; CHO *et al.*, 1985; GERICKE *et al.*, 2014).

De uma maneira geral, os trabalhos têm relacionado a suscetibilidade a argumentos do determinismo genético com a falta de conhecimento sobre genética (CASTÉRA & CLÉMENT, 2014; GERICKE *et al.*, 2017). A hipótese é de que o determinismo genético está pautado numa visão simplificada da relação entre genes e características, na qual um gene é responsável por determinar uma característica, ou seja, que traços físicos, psicológicos, assim como doenças, poderiam ser explicados pela presença ou ausência de determinados genes. Segundo KELLER (2000) as descobertas no campo da genômica têm evidenciado uma diversidade de outras relações nas quais os genes interagem entre si e são constantemente influenciados por mecanismos epigenéticos e celulares para determinar algum caráter, enfatizando que essa relação de um para um entre genes e características deve ser entendida como uma parte minúscula de uma miríade de relações existentes entre genótipo e fenótipo. Nesse mesmo sentido, GERICKE e colaboradores (2017) afirmaram que qualquer pessoa que possua um conhecimento nas áreas de genômica deveria ser capaz de identificar como problemática a crença no poder excessivo dos genes na formação do fenótipo e, portanto, reconhecer a falácia científica dos argumentos deterministas. Embora no presente trabalho se concorde com a hipótese de que a aceitação de argumentos do determinismo esteja relacionada com a falta de conhecimento sobre genética, acredita-se que o nível de conhecimento necessário para prevenir a adesão aos argumentos do determinismo genético não requere informações ligadas aos recentes

avanços da genética ou da genômica bastando, para tanto, apenas o domínio de conceitos básicos como genótipo e fenótipo.

Evidências em favor do argumento defendido acima podem ser encontradas na história dos conceitos de herança. Por exemplo, o conceito de genes (ou fatores hereditários) quando foi criado na proposição do modelo mendeliano de herança, em 1866, não correspondia a entidades reais, mas a instrumentos para a investigação do fenômeno da herança (CARLSON, 1991). Nesse sentido, de modo algum o gene era soberano naquele período, posto que, em certa medida, nem real ele era (BURIAN, 1985). Dito de outra forma, os fatores hereditários (ou genes) não poderiam determinar nada, apenas servir para explicar o fenômeno da herança (ALLEN, 2014). Seguindo a história da genética, em 1911, ao cunhar os termos genótipo e fenótipo, Wilhelm Johannsen (1857-1927) já havia estabelecido uma diferença entre a parte hereditária das características (genótipo) e a sua manifestação (fenótipo) (FALK, 2014). Mais que isso, a compreensão dos genes como aquilo que determina o fenótipo foi alvo de críticas por Thomas Hunt Morgan (1866-1945), quando ele palestrou, ao receber o Prêmio Nobel de Medicina em 1933, sobre a importância do ambiente no desenvolvimento (MORGAN, 1934). Portanto, é possível dizer que, previamente à derrocada do conceito de gene apregoada por KELLER (2000) ou da importância da genômica propalada por GERICKE e colaboradores (2017), a simples capacidade de diferenciar genótipo de fenótipo seria suficiente para evitar a crença no poder causal absoluto (ou excessivo) dos genes. Foi nesse sentido que o questionário utilizado se preocupou em investigar o domínio dos alunos em diferenciar genótipo de fenótipo.

Os resultados indicaram que grande parte dos alunos (mais de 70%) foi incapaz de diferenciar genótipo de fenótipo de forma apropriada. Esse cenário se manteve constante nas três amostras temporais, uma indicação de que mais de 100 anos de discussão a respeito desses conceitos não foram suficientes, ainda, para produzir uma familiaridade dos alunos com eles. Mais que isso, analisando esse padrão com aquele das respostas encontradas

para definição de “gen”, é possível conjecturar que eles possam estar associados à aglomeração de conceitos que os alunos realizam e já foi descrita na literatura (FALK, 2014; FLODIN, 2009; GERICKE & WAHLBERG, 2013; JOAQUIM, 2007; LEWIS *et al.*, 2000; STOTZ *et al.*, 2004). Ou seja, ao unirem o pressuposto de um gene-um caráter do modelo mendeliano de herança com o paradigma da informação no qual se funda a definição molecular de gene, os alunos acabam por simplificar a noção de fenótipo na equação “*fenótipo = genótipo + ambiente*” ou na assertiva de que o “*fenótipo é a expressão do genótipo*”. Além dessas definições simplórias não se debruçarem sobre o problema da diferenciação, elas são baseadas numa perspectiva inadequada dos dois conceitos e podem influenciar a forma como os alunos entendem a contribuição dos genes no desenvolvimento das características fenotípicas.

Quanto ao posicionamento em relação à herança das características, ficou evidente que os alunos indicavam sempre uma maior contribuição dos genes para características físicas em relação às condições psicológicas ou psiquiátricas. Mesmo características não herdáveis como AIDS e gripe tiveram indicação de contribuição genética na sua determinação. SHOSTAK e colaboradores (2009), ao analisarem 1241 gravações de entrevistas por telefone observaram que o público que compunha sua amostra dava maior importância à contribuição genética para patologias físicas, seguidas de condições psicológicas (inteligência, personalidade) e, por último, para aspectos de sucesso na vida. Além disso, mesmo para sucesso na vida, dois terços dos entrevistados ainda consideraram a influência dos genes como “*um tanto importante*”. Cenário semelhante foi encontrado por GERICKE *et al.* (2017) que observaram maior atribuição de origem genética para características como altura, daltonismo e grupo sanguíneo seguidos de alcoolismo e comportamento violento e, com os menores valores, interesse por moda, crenças políticas e crenças religiosas.

As duas últimas questões do questionário, que diziam respeito diretamente à suscetibilidade dos alunos às ideias do determinismo genético, mostraram uma diferença estatisticamente significativa no padrão de

respostas para as duas questões. Os alunos demonstraram discordância quanto à determinação genética da característica subjetiva (gostar de couve) e concordância quanto à determinação genética da característica psicológica (inteligência). Esses resultados, mais uma vez, concordam com a descrição encontrada na literatura (GERICKE *et al.*, 2017; SHOSTAK *et al.*, 2009) que têm mostrado que, independente do grupo estudado (alunos, professores, público em geral), existe uma adesão a ideia de que quanto mais próxima do corpo uma característica, mais determinada geneticamente ela é. CONDIT e colaboradores (2004) realizaram uma pesquisa, nos Estados Unidos, na qual se utilizaram de questionários e entrevistas por telefone e com grupos focais, para investigar a compreensão de um público variado sobre genes, raça e testes genéticos. Seus resultados indicaram que o público associava características físicas à determinação genética, enquanto outros atributos como “talento” foi raramente associado aos genes. Esses resultados indicaram que a atribuição da determinação genética para uma característica parecia estar sendo influenciada por uma concepção “fiscalista” que associa a determinação genética a maior proximidade da característica ao corpo.

Da mesma forma do que vem sendo observado na literatura, os resultados aqui obtidos para suscetibilidade dos alunos aos argumentos do determinismo genético parecem estar sendo influenciados, majoritariamente, por dois fatores. Primeiramente, a falta de domínio de conceitos básicos de genética e, segundo, a tendência dos alunos de associar a natureza genética de uma característica a sua proximidade do corpo (“fiscalismo”). A falta de domínio para lidar com conceitos básicos de genética é um problema, já que dificulta que os alunos identifiquem nos enunciados deterministas os erros conceituais que neles proliferam. Do mesmo modo, a concepção “fiscalista” obscurece o fato de que a determinação genética de uma característica é um fenômeno complexo que envolve muitas diferentes formas de interação e, mais que isso, a própria definição de característica depende do nível de observação. Por exemplo, a definição do fenótipo cor dos olhos pode estar baseada desde a cor da íris até o RNA heterogêneo.

O quadro observado neste trabalho é problemático, uma vez que se sabe que de tempos em tempos ressurge uma série de teorias que tentam justificar as diferenças de *status quo* na sociedade com base em diferenças biológicas (LEWONTIN, 2001). No início do século XIX, por exemplo, avanços na área da anatomia propunham que o tamanho do cérebro determinava a inteligência e *status* social de um indivíduo (LEWONTIN, 1982). Durante o mesmo período, a frenologia justificava as diferenças das condições sociais entre as “raças”² como sendo produto das configurações distintas do cérebro e do crânio (BANK, 1996). Na segunda metade do século XX uma grande celeuma foi produzida pela publicação de um artigo que associava a inteligência, medida na forma de testes de QI, com o sucesso (e fracasso) socioeconômico de diferentes de grupos étnicos (JENSEN, 1967). Em 1975, foi publicado um livro que atribuía aos genes a causa das diferenças socioeconômicas das sociedades humanas que teriam sido moldadas (diferenças e sociedade) pela ação direta da seleção natural (WILSON, 1975). Na década de 1990, diferentes trabalhos defenderam que a condição de marginalizados da sociedade se devia ao conteúdo genético dessas pessoas que seria marcado por genes para baixa inteligência e maior predisposição à criminalidade (ALLEN, 2001; HERRNSTEIN & MURRAY, 1994). Apesar de sempre terem recebido fortes críticas de parte da comunidade científica, esses trabalhos continuam a aparecer na forma de artigos científicos (ARBATLI *et al.*, 2015) e de livros destinados ao público leigo (PLOMIN, 2018; WADE, 2014). Esse grupo de teorias deterministas, para além do discurso pseudocientífico, apresenta um forte conteúdo ideológico que visa a manutenção do atual *status quo* (BURIAN, 1981; GOULD, 1981; LEWONTIN, 1982).

Em resumo, o presente trabalho encontrou evidências de que a suscetibilidade às ideias do determinismo genético está fundada tanto numa baixa familiaridade com ideias básicas da genética quanto numa concepção

²Raça está sendo usada aqui entre aspas devido ao fato de que, apesar dessa terminologia ter sido utilizada na época mencionada para se referir a grupos de seres humanos com base em características físicas, atualmente sabe-se que, do ponto de vista da genética de populações, tais grupos não existem (LEWONTIN, 1972).

“fisicalista” que comprehende que a determinação genética de uma característica é diretamente proporcional a sua proximidade do corpo. Mais que isso, a amostra de estudantes analisadas indicou que grande parte da sua informação não formal advém de fontes que se caracterizam pelo discurso reducionista e sensacionalista. Dessa forma, parece que um caminho frutífero para superar a suscetibilidade dos alunos às ideias do determinismo genético seria, para além do pressuposto iluminista de aumentar o nível de conhecimento em genética e genômica, promover a discussão crítica do aparato ideológico que compõe as ideias do determinismo biológico e a sua relação com o determinismo genético. Assim, é oportuno destacar o papel da escola e da universidade para além da transmissão do conhecimento. Ou seja, tanto a escola quanto a universidade têm papel fundamental na formação de profissionais e cidadãos letrados cientificamente, o que significa dizer: com uma visão crítica para avaliar as falácia deterministas que, vez por outra, invadem as mentes e corações da sociedade e seus aparatos intelectuais de legitimação dos fracassos sociais do capitalismo.

6. CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho mostraram que as fontes utilizadas pelos alunos para obter suas informações sobre genética e evolução se caracterizam por um baixo rigor científico. Com relação a suscetibilidade dos alunos às ideias do determinismo genético, esta parece estar ligada a um baixo nível de familiaridade com conceitos básicos de genética, bem como a presença de uma concepção “físicalista” da determinação genética de características. Esses resultados indicam que a prevenção contra as falácia deterministas demanda um letramento científico que envolve, mais do que a transmissão do conhecimento, uma visão crítica no ensino.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIVELO, T. Genetic determinism in the Finnish upper secondary school biology textbooks. **NorDiNa**, 11(2):139-52, 2015.
- ALBUQUERQUE, P.; ALMEIDA, A. & EL-HANI, C. Gene Concepts in Higher Education Cell and Molecular Biology Textbooks. **Science Education International**, 19(2):219-234, 2008.
- ALLEN, G. The social and economic origins of genetic determinism: A case history of the American Eugenics Movement, 1900–1940 and its lessons for today. **Genetica**, 99:77-88, 1997.
- ALLEN, G. The Biological Basis of Crime: An Historical and Methodological Study. **Historical Studies in the Physical and Biological Sciences**, 31(2):183-222, 2001.
- ALLEN, G. Origins of the classical gene concept, 1900–1950: Genetics, mechanistic, philosophy, and the capitalization of agriculture. **Perspectives in Biology and Medicine**, 57(1):8-39, 2014.
- ANDREYCHIK, M. & GILL, M. Do Natural Kind Beliefs About Social Groups Contribute to Prejudice? Distinguishing Bio-Somatic Essentialism from Bio-Behavioural Essentialism, and Both of These from Entitativity. **Group Processes & Intergroup Relations**, 18(4):454-474, 2014.
- ARBATLI, C.; ASHRAF, Q.; GALOR, O. & KLEMP, M. Diversity and Conflict. **NBER (NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH) Working Paper**, No. 21079, JEL No. D74, N30, N40, O11, O43, Z13, 2015.
- BANK, A. Of ‘Native Skulls’ and ‘Noble Caucasians’: Phrenology in Colonial South Africa. **Journal of Southern African Studies**, 22(3):387-403, 1996.
- BARSH, G. What Controls Variation in Human Skin Color? **PLoS Biology**, 1(1):19-22, 2003.
- BELMIRO, M.; DINIZ, M. & BARROS, M. Ensino de Genética no Ensino Médio: Uma Análise Estatística das Concepções Prévias de Estudantes Pré-universitários. **Revista Práxis**, 9(17):95-102, 2017.

BURIAN, R. On conceptual change in biology: The case of the gene. Pp. 21-42. In: **Evolution at a crossroads-The new biology and the new philosophy of science**. Depew, D. & Weber, B. (Eds.). Londres, Inglaterra. MIT Press. 1985.

CAMARGO JR, K. & CAMARGO I, T. Representações sobre Genética em Veículos de Grande Circulação no Brasil. **Revista de Saúde Coletiva**, 21(3):853-863, 2010.

CARLSON, A. Defining the Gene: An Evolving Concept. **American Journal of Human Genetics**, 49(2):475–487, 1991.

CASAGRANDE, A.; SILVA JR., P. & MENDONÇA, F. Mudanças Climáticas e Aquecimento Global: Controvérsias, Incertezas e a Divulgação Científica. **Revista Brasileira de Climatologia**, 8:30-44, 2011.

CASTÉRA, J.; ABROUGUI, M.; NISIFÓROU, O.; TURCINAVICIENE, J.; SARAPUU, T.; AGORRAM, B.; FLORBELA, C.; BOGNER, F. & CARVALHO, G. Genetic Determinism in School Textbooks: A Comparative Study Conducted Among Sixteen Countries. **Science Educacional International**, 19(2):163-184, 2008.

CASTÉRA, J. & CLÉMENT, P. Teacher's Conceptions About the Genetic Determinism of Human Behaviour: A Survey in 23 Countries. **Science & Education**, 23(2):417-443, 2014.

CASTÉRA, J.; SARAPUU, T. & CLÉMENT, P. Comparison of French and Estonian students' conceptions in genetic determinism of human behaviours. **Journal of Biological Education**, 47(1):12-20, 2013.

CONDIT, C., OFULUE, N., & SHEEDY, K. Determinism and mass media portrayals of genetics. **American Journal of Human Genetics**, 62:979–984, 1998.

CONDIT, C.; FERGUSON, A.; KASSEL, R.; TADHANI, C.; GOODING, H. & PARROT, R. An explanatory study of the impact of news headlines on genetic determinism. **Science Communication**, 22:379–395, 2001.

CONDIT, C.; PARROT, R.; HARRIS, T.; LYNCH, J. & DUBRIWNY, T. The Role of “Genetics” in Popular Understandings of Race in the United States. **Public Understanding of Science**, 13(3):249-272, 2004.

CONDIT, C.; GRONNVOLL, M.; LANDAU, J.; SHEN, L.; WRIGHT, L. & HARRIS, T. Believing in Both Genetic Determinism and Behavioral Action: A Materialist Framework and Implications. **Public Understanding of Science**, 18(6):730-46, 2009.

CRICHTON, M. **Jurassic Park**. Nova York: Alfred. A. Knopf (Publisher), 1990.

DAMBRUN, M.; KAMIEJSKI, R.; HADDADI, N. & DUARTE, S. Why Does Social Dominance Orientation Decrease with University Exposure to the Social Sciences? The Impact of Institutional Socialization and the

Mediating Role of “Geneticism”. **European Journal of Social Psychology**, 39:88-100, 2009.

DAR-NIMROD, I. & HEINE, S. Genetic Essentialism: On the Deceptive Determinism of DNA. **Psychological Bulletin**, 137(5):800-818, 2011.

DINGWALL, R. & ALDRIDGE, M. Television Wildlife Programming As a Source of Popular Scientific Information: A Case Study of Evolution. **Public Understanding of Science**, 15(2):131-152, 2006.

DISCOVERY INC. Business & Brands, 2019. Disponível em: <<https://corporate.discovery.com/businesses-and-brands/>>. Acessado em: 27/05/2019.

DURANT, W. **A história da civilização. Volume II: Nossa Herança Clássica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Record, 1966.

EARN, D.; DUSHOFF, J. & LEVIN, S. Ecology and Evolution of the Flu. **TRENDS In Ecology and Evolution**, 17(7):334-340, 2002.

FALK, R. The Allusion of the Gene: Misunderstandings of the Concepts Heredity and Gene. **Science & Education**, 23(2):273–284, 2014.

FLODIN, V. The Necessity of Making Visible Concepts with Multiple Meanings in Science Education: The Use of the Gene Concept in a Biology Textbook. **Science & Education**, 18(1):73–94, 2009.

FODDY, **Constructing Questions for Interviews and Questionnaires**. Londres: Cambridge University Press, 1993.

FOSTER, H. **What Really Causes AIDS**. Victoria: Trafford Publishing, 2002.

GERICKE, N. & WAHLBERG, S. Clusters of Concepts in Molecular Genetics: A Study of Swedish Upper Secondary Science Students' **Understanding**. **Journal Of Biological Education**, 47(2):73-83, 2013.

GERICKE, N.; HAGBERG, M.; SANTOS, V.; Joaquim, L. & EL-HANI, C. Conceptual Variation or Incoherence? Textbook Discourse on Genes in Six Countries. **Science & Education**, 23: 381-416, 2014.

GERICKE, N.; CARVER, R.; CASTÉRA, J.; EVANGELISTA, N.; MARRE, C. & EL-HANI, C. Exploring Relationships Among Belief in Genetic Determinism, Genetics Knowledge, and Social Factors. **Science & Education**, 26(10): 1223-1259, 2017.

GOULD, S. **A Falsa Medida do Homem**. 1^a edição brasileira. São Paulo: Martins Fontes Editora, 1981.

GÜNTHER, H. Como Elaborar um Questionário. **Série: Planejamento de Pesquisa nas Ciências Sociais**, 1:1-15, 2003.

HASLAM, N.; ROTCHSCHILD, L. & ERNST, D. Are Essentialist Beliefs Associated With Prejudice? **British Journal of Social Psychology**, 41:87-100, 2002.

HEIGHAM, J. & CROKER, R. **Qualitative Research in Applied Linguistics: A Practical Introduction.** Londres: PALGRAVE MACMILLAN, 2009.

HERRNSTEIN, R. & MURRAY, C. **The Bell Curve: Intelligence and Class Structure in American Life.** Nova York: The Free Press, 1994.

INFANTE-MALACHIAS, M.; PADILHA, I.; WELLER, M. & SANTOS, S. Comprehension of Basic Genetic Concepts by Brazilian Undergraduate Students. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciências**, 9(3):657-668, 2010.

JENSEN, A. How Much Can We Boost IQ and Scholastic Achievement. **Harvard Educational Review**, 39:1-18, 1967.

JOAQUIM, L. Genes: **Questões Epistemológicas, Conceitos Relacionados e Visões de Estudantes de Graduação.** 2007. 190 p. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia.

KELLER, E. **The Century of the Gene.** Nova York: Harvard University Press, 2000.

KELLER, J. In Genes We Trust: The Biological Component of Psychological Essentialism and Its Relationship to Mechanisms of Motivated Social Cognition. **Journal of Personality and Social Psychology**, 88(4):686-702, 2005.

LAZAROWITZ, R. & BLOCH, I. Awareness of Societal Issues Among High School Biology Teachers Teaching Genetics. **Journal of Science Education and Technology**, 14(5/6):437-457, 2005.

LEWIS, J.; LEACH, J. & WOOD-ROBINSON, C. All in the Genes?—Young People’s Understanding of the Nature of Genes. **Journal of Biological Education**, 34(2):74–79, 2000.

LEWONTIN, R. The Apportionment of Human Diversity. **Evolutionary Biology**, 6:381-398, 1972.

LEWONTIN, R. The Fallacy of Biological Determinism. **The Sciences**, 16(2):6-10, 1976.

LEWONTIN, R. Biological Determinism. Pp. 147-183. In: **The Tanner Lectures on Human Values.** Realizado na Universidade de Utah, Estados Unidos, 1982.

LEWONTIN, R. **Biologia como Ideologia: A Doutrina do DNA.** Edição brasileira. Belo Horizonte: FUNPEC, 2001.

LEWONTIN, R. The Genotype/Phenotype Distinction. In **The Stanford Encyclopedia of Philosophy.** Zalta, N (Ed.). 2011. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/sum2011/entries/genotype-phenotype/>>. Acessado em: 10/06/2019.

LIU, F.; DUIJN, K.; VINGERLING, J.; HOFMAN, A.; UITTERLINDEN, A.; JANSSENS, A. & KAYSER, M. Eye Color and the Prediction of

Complex Phenotypes from Genotypes. **Current Biology**, 19(5):192-193, 2009.

MCCRUM-GARDNER, E. Which is the correct statistical test to use? **British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, 46:38-41, 2007.

MORAES, V. **Jornalismo Científico Fetichizado: Análise Comparativa das Revistas SuperInteressante, Suas Edições Especiais e National Geographic**. 2007. 144 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) – Faculdade de Filosofia e Ciências.

MORGAN, T. The Relation of Genetics to Physiology and Medicine. In: **Nobel Lecture**. Realizado em 4 de junho, 1934.

MORRIN-CHASSÉ, A. Public (Mis)understanding of News about Behavioral Genetics Research: a Survey Experiment. **BioScience**, 64: 1170-1177, 2014.

PARROTT, R.; SILK, K.; WEINER, J.; CONDIT, C.; HARRIS, T. & Bernhardt, J. Deriving Lay Models of Uncertainty About Genes' Role in Illness Causation to Guide Communication About Human Genetics. **Journal of Communication**, 54(1):105-122, 2004.

PHELAN, J.; LINK, B. & FELDMAN, N. The Genomic Revolution and Beliefs about Essential Racial Differences: A Backdoor to Eugenics? **American Sociological Association**, 78(2):167-191, 2013.

PIERCE, B. **Genética: Um Enfoque Conceitual**. 5^a edição brasileira. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2016.

PLOMIN, R. **Blueprint: How DNA Makes Us Who We Are**. Londres: Penguin Books, 2018.

RESNIK, D. & VORHAUS, D. Genetic Modification and Genetic Determinism. **Philosophy, Ethics and Humanities in Medicine**, 1:9, 2006.

ROSE, S. The Biology of the Future and the Future of Biology. **Prospectives in Biology and Medicine**, 44(4):473-484, 2001.

ROSE, S.; LEWONTIN, R. & KAMIN, L. **Not in our Genes: Biology, Ideology and Human Nature**. Londres: Penguin Books, 1984.

SHAW, K.; HORNE, K.; ZHANG, H. & BOUGHMAN, J. Genetics Education: Innovations in Teaching and Learning Genetics Essay Content Reveals Misconceptions of High School Students in Genetics Content. **Genetics**, 178(3):1157:1168, 2008.

SHOSTAK, S.; FREESE, J.; LINK, B. & PHELAN, J. The Politics of the Gene: Social Status and Beliefs About Genetics For Individual Outcomes. **Social Psychology Quarterly**, 72(1):77–93, 2009.

SILVA, V. In The Beginning Was The Gene: The Hegemony of Genetic Thinking in Contemporary Culture. **Communication Theory**, 15(1):100-123, 2005.

SPIELBERG, S. **Jurassic Park: O Parque dos Dinossauros**. EUA: Universal Cartoon Studios, Universal Pictures, Amblin Entertainment, 1993.

SOARES, J. Vice de Bolsonaro diz que brasileiro herdou ‘indolência’ do índio e ‘malandragem’ do africano. In: O GLOBO Brasil. 2018. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/brasil/vice-de-bolsonaro-diz-que-brasileiro-herdou-indolencia-do-indio-malandragem-do-africano-22955042>>. Acessado em 10/05/2019.

SOLHA, G. & SILVA, E. Onde Está O Lugar Do Conceito De Gene? **Episteme**, 19: 45-68, 2004.

STOTZ, K.; GRIFFITHS, P. & KNIGHT, R. How Biologists Conceptualize Genes: An Empirical Study. **Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences**, 35(4):647–673, 2004.

SUHAY, E. & JAYARATNE, T. Does Biology Justify Ideology? The Politics of Genetic Attribution. **Public Opinion Quarterly**, 77(2):497–521, 2013.

TUCHERMAN, I.; CAVALCANTI, C. & OITICICA, L. Revistas de Divulgação Científica e Ciências da Vida: Encontros e Desencontros. **Revista Brasileira de Ciências da Comunicação**, 33(1):277-295, 2010.

VESTA, T. In the Beginning Was the Gene: The Hegemony of Genetic Thinking in Contemporary Society. **Communication Theory**, 15(1):100-123, 2005.

VITZTHUM, V. A Number No Greater than the Sum of Its Parts: The Use and Abuse of Heritability. **Humanbiology**, 75(4):539-558, 2003.

WADE, N. **A Troublesome Inheritance: Genes, Race and Human History**. Londres: Penguin Books, 2014.

WATSON, J. The Human Genome Project: Past, Present and Future. **Science**, 248(495):44-49, 1990.

WILLIAMS, M. & EBERHARDT, J. Biological Conceptions of Race and the Motivation to Cross-Racial Boundaries. **Journal of Personality and Social Psychology**, 94(6):1033-1047, 2008.

WILSON, E. **Sociobiology: The New Synthesis**. Cambridge: Harvard University Press, 1975.

WOOD-ROBINSON, C.; LEWIS, J. & LEACH, J. Young People’s Understanding of the Nature of Genetic Information in the Cells of an Organism. **Journal of Biological Education**, 35(1):29-36, 2000.

YAREMKO, R.; HARARI, H.; HARRISON, R. & LYNN, E. **Handbook of Research and Quantitative Methods in Psychology**. Nova York: Lawrence Erlbaum Associates, 1986.

8. APÊNDICES

Apêndice 1. Questionário utilizado no trabalho.

DADOS PESSOAIS

Nome:

Idade:

Sexo:

Curso:

Disciplina:

Período que está cursando:

Transferido: () Sim

() Não

Se a resposta for sim, de onde?

Repetente: () Sim

() Não

Se a resposta for sim, quantas vezes?

Trabalha: () Sim

() Não

Se a resposta for sim, em quê?

Você já aprendeu os assuntos Genética e Evolução na sua vida escolar?

() Sim () Não

Em que outros lugares você já ouviu falar sobre estes assuntos?

() Em programas de televisão? Quais?

() Em revistas? Quais?

() Em filmes? Quais?

() Na igreja? Qual?

() Outros. Especifique.

PRÉ-TESTE

1-O que as seguintes palavras significam para você?

a) Mendel

j) histona

b) gen

k) ARNm

c) cromossoma

l) endonuclease de restrição

d) meiose

m) Darwin

e) XXY

n) raça

f) herança ligada ao sexo

o) pleiotropia

g) trissomia

p) evolução

h) intron

q) operon

i) transcrição

2-Em sua opinião, qual a contribuição relativa dos genes (em %) para as seguintes características: (ex: altura (60%), albinismo (90%), etc.)

a) cor da pele

b) esquizofrenia

c) cor dos olhos

d) inteligência

e) alcoolismo

f) personalidade

g) hemofilia

h) gripe

i) AIDS

j) daltonismo

k) homossexualidade

l) agressividade

3-Diferencie genótipo de fenótipo.

4-Sentir a couve amarga depende da sensibilidade do indivíduo ao sabor amargo do PTC (fenil-tio-carbamida) nela presente. A sensibilidade ao sabor amargo do PTC é herdada geneticamente. Gostar de couve é genético? Por quê?

5-É possível fazer com ratos um programa de seleção artificial para habilidade de sair de labirintos, de maneira que após algumas gerações a capacidade de sair de labirintos dos novos ratos é maior. Isto indica que a inteligência é genética? Por que?

