



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA
DE SANTANA**



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS**

NEIMA ALICE MENEZES EVANGELISTA

**NOVAS TECNOLOGIAS GENÉTICAS: ATITUDES DE JOVENS
ADULTOS BRASILEIROS E DESENVOLVIMENTO DE UMA
SEQUÊNCIA DIDÁTICA ATRAVÉS DE QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA
PARA ABORDAGEM EM SALA DE AULA.**

Salvador
2022

NEIMA ALICE MENEZES EVANGELISTA

**NOVAS TECNOLOGIAS GENÉTICAS: ATITUDES DE JOVENS
ADULTOS BRASILEIROS E DESENVOLVIMENTO DE UMA
SEQUÊNCIA DIDÁTICA ATRAVÉS DE QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA
PARA ABORDAGEM EM SALA DE AULA.**

Tese apresentada em cumprimento aos requisitos necessários para a etapa de defesa ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, na área de Educação Científica e Formação de Professores.

Orientador: Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani

Coorientadores: Prof. Dr. Diogo Meyer

Prof. Dr. Niklas Gericke

Salvador
2022

Evangelista, Neima Alice Menezes.

Novas tecnologias genéticas : atitudes de jovens adultos brasileiros e desenvolvimento de uma sequência didática através de questão sociocientífica para abordagem em sala de aula / Neima Alice Menezes Evangelista. - 2022. 177 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani.

Coorientadores: Prof. Dr. Diogo Meyer e Prof. Dr. Niklas Gericke.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Salvador, 2022.

Programa de Pós-Graduação em convênio com a Universidade Estadual de Feira de Santana.

1. Pesquisa em genética. 2. Tecnologia em saúde. 3. Jovens - Atitudes. 4. Genética - Estudo e ensino (Ensino médio). 5. Sequência didática. 6. Saúde. I. El-Hani, Charbel Niño. II. Meyer, Diogo. III. Gericke, Niklas. IV. Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências. V. Universidade Estadual de Feira de Santana. VI. Título.

CDD 576.072 - 23. ed.

NEIMA ALICE MENEZES EVANGELISTA

NOVAS TECNOLOGIAS GENÉTICAS: ATITUDES DE JOVENS ADULTOS BRASILEIROS E DESENVOLVIMENTO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ATRAVÉS DE QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA PARA ABORDAGEM EM SALA DE AULA.

Tese apresentada em cumprimento aos requisitos necessários para a etapa de defesa ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, na área de Educação Científica e Formação de Professores.

Salvador, 15 de dezembro de 2022.

Banca examinadora

Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani – orientador _____
Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo
Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr. Diogo Meyer – co-orientador _____
Doutor em Integrative Biology pela University of California System
Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Niklas Gerike _____
Doutor em Educação pela Karlstad University
Karlstad University

Prof.^a Dr.^a Rosiléia Oliveira de Almeida _____
Doutora em Educação pela Universidade Estadual de Campinas
Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr. Fábio Pessoa Vieira _____
Doutor em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins
Universidade Federal da Bahia

Prof.^a Dr.^a Maria Júlia Corazza _____
Doutora em Ciências Biológicas (Genética) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Claudio Ricardo Martins Dos Reis _____
Doutor em Filosofia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
Universidade Federal da Bahia



Universidade Federal da Bahia

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E
HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS (PPGEFHC)**

ATA Nº 1

Ata da sessão pública do Colegiado do PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS (PPGEFHC), realizada em 15/12/2022 para procedimento de defesa da Tese de DOUTORADO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS no. 1, área de concentração Educação Científica e Formação de Professores, do(a) candidato(a) NEIMA ALICE MENEZES EVANGELISTA, de matrícula 216121855, intitulada Novas tecnologias genéticas: atitudes de jovens adultos brasileiros e abordagem em sala de aula através de questão sócio-científica. Às 15:00 do citado dia, Remoto, foi aberta a sessão pelo(a) presidente da banca examinadora Prof. Dr. CHARBEL NINO EL HANI que apresentou os outros membros da banca: Profª. Dra. ROSILEIA OLIVEIRA DE ALMEIDA, Prof. Dr. FABIO PESSOA VIEIRA, Prof. Dr. CLAUDIO RICARDO MARTINS DOS REIS e Profª. Dra. MARIA JÚLIA CORAZZA. Em seguida foram esclarecidos os procedimentos pelo(a) presidente que passou a palavra ao(à) examinado(a) para apresentação do trabalho de Doutorado. Ao final da apresentação, passou-se à arguição por parte da banca, a qual, em seguida, reuniu-se para a elaboração do parecer. No seu retorno, foi lido o parecer final a respeito do trabalho apresentado pelo candidato, tendo a banca examinadora aprovado o trabalho apresentado, sendo esta aprovação um requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor. Em seguida, nada mais havendo a tratar, foi encerrada a sessão pelo(a) presidente da banca, tendo sido, logo a seguir, lavrada a presente ata, abaixo assinada por todos os membros da banca.

Dra. MARIA JÚLIA CORAZZA

Examinadora Externa à Instituição

Dr. CLAUDIO RICARDO MARTINS DOS REIS, UFBA

Examinador Externo ao Programa

Dra. ROSILEIA OLIVEIRA DE ALMEIDA, UFBA

Examinadora Interna

Dr. FABIO PESSOA VIEIRA, UFBA



Documento assinado digitalmente

Fabio Pessoa Vieira

Data: 24/12/2022 11:38:29-0300

Verifique em <https://verificador.itl.br>

Examinador Interno

Dr. CHARBEL NINO EL HANI, UFBA

Presidente



Universidade Federal da Bahia

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E
HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS (PPGEFHC)**

NEIMA ALICE MENEZES EVANGELISTA

Doutorando(a)



Documento assinado digitalmente

NEIMA ALICE MENEZES EVANGELISTA

Data: 29/03/2023 10:03:11-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



Universidade Federal da Bahia

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO, FILOSOFIA E
HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS (PPGEFHC)**

FOLHA DE CORREÇÕES

ATA Nº 1

Autor(a): NEIMA ALICE MENEZES EVANGELISTA

Título: Novas tecnologias genéticas: atitudes de jovens adultos brasileiros e abordagem em sala de aula através de questão sóciocientífica

Banca examinadora:

Prof(a). MARIA JÚLIA CORAZZA	Examinadora Externa à Instituição
Prof(a). CLAUDIO RICARDO MARTINS DOS REIS	Examinador Externo ao Programa
Prof(a). ROSILEIA OLIVEIRA DE ALMEIDA	Examinadora Interna
Prof(a). FABIO PESSOA VIEIRA	Examinador Interno
Prof(a). CHARBEL NINO EL HANI	Presidente

Os itens abaixo deverão ser modificados, conforme sugestão da banca

1. INTRODUÇÃO
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA
3. METODOLOGIA
4. RESULTADOS OBTIDOS
5. CONCLUSÕES

COMENTÁRIOS GERAIS:

Declaro, para fins de homologação, que as modificações, sugeridas pela banca examinadora, acima mencionada, foram cumpridas integralmente.

Prof(a). CHARBEL NINO EL HANI

Orientador(a)

À mulher que mudou o rumo da minha vida e tem sido minha maior inspiração: Alice,
para que ela tenha mulheres ao redor para se inspirar.

AGRADECIMENTOS

Ao Ricardo, obrigada por *every single day*. Por todos. Por tudo. Por ter feito o doutorado ser muito mais que aprender sobre a academia e sobre ciência. Com você, essa etapa foi aprender sobre a vida. Obrigada por estar ao meu lado e por me apoiar em cada decisão.

Aos meus pais, Geraldo e Regina e à minha irmã, Gabriela, obrigada por todo o caminho que trilharam e por terem me dado todas as oportunidades do mundo. Devo ainda agradecer ao suporte financeiro durante esses anos.

À amiga Aluska, minha melhor aquisição do doutorado. Você foi meu suporte todinho ao longo desses anos, obrigada pela amizade, pela alegria, pelas confidências, por me ouvir tanto, me encorajar e até me carregar no colo quando foi preciso.

Às amigas Isa e Rafa por terem sido parte fundamental no processo da realização do TOEFL e pelo nosso encontro que, apesar de estarmos no mesmo programa, só foi acontecer do outro lado do mundo.

À Ana Paula pela ajuda fundamental no inglês, especialmente antes das apresentações e à todos os Rockers pelos nossos encontros, ainda que online em tempos pandêmicos.

Aos colegas do LEFHBio e do PPGEFHC, especialmente à Lia, Luana, Vanessinha, Bruno, Bárbara, Felipe, Filipe e Grégory. Obrigada pelo apoio, pelas tardes de café, por dividirem o desespero comigo e por todas as figurinhas e gifs que me arrancaram gargalhadas mesmo diante de situações difíceis. Obrigada também a todos os estudantes do LEFHBio.

Thank you Rebecca Carver for sharing with me all your knowledge and teaching me snow skating! It was a pleasure building together the PUGGS questionnaire.

Thank you to my friends from Karlstad: Sussane, Kristine, Auday, Ricardo, Ishita, Arty, Timo, and all innebandy team. The Swedish winter would have been boring without you. Thank you for teaching me how to play and how to have the best strategy meetings. You had a special role keeping me on focus during my stay in Sweden.

Aos amigos do PDSE que, apesar de termos nos conhecido do outro lado do mar, trabalham ao meu lado na UFBA: Rodrigo e Daniele, obrigada por tornaram os dias frios e solitários mais calorosos. E a todos que colocaram um gostinho brasileiro na Suécia, sendo ótimas companhias para aventuras europeias: Gleiton, Julio, Laise, Larissa, Roberto, Fernanda, Felipe, May, Marcelo, Ivan.

À Suellen por ser mais que minha vizinha, ser a melhor companhia para todos os programas furada e à Verena, minha melhor amiga soteropolitana: vocês foram minha família em Salvador.

Às cansadas, que chegaram no finalzinho dessa jornada, mas que foram essenciais para que eu continuasse e para que eu visse a maternidade com olhos mais leves e divertidos.

À Andrea Grieco, parte fundamental na construção da QSC, obrigada por ser uma ótima parceira de trabalho.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, História e Filosofia das Ciências (PPGEFHC), por ter me acolhido desde o mestrado. O PPGEFHC faz parte de quem eu sou, da minha consciência política e do meu crescimento acadêmico.

Um agradecimento especial à professoras Bárbara Carine, por despertar em mim a consciência dos meus privilégios, Rosileia Almeida por toda prestatividade e acolhimento, e Ana Paula pelo olhar enriquecedor acerca desse trabalho acrescentado na qualificação.

Obrigada Prof.^a Dr.^a Rosileia Almeida, Prof. Fábio Pessoa Vieira, Prof.^a Dr.^a Maria Júlia Corazza e Prof. Dr. Claudio Ricardo Martins Dos Reis pela participação na banca examinadora de defesa de tese, por todo o conhecimento agregado nesse trabalho.

Thank you, Niklas Gericke, for welcoming me in Sweden and guide me in this thesis. I am also grateful to Karlstad University for all the support.

Obrigada ao professor Diogo Meyer pela coorientação, por todas as brilhantes ideias trocadas, por ter participado do meu crescimento nesses anos de doutorado.

E um agradecimento mais que especial ao meu orientador Charbel El-Hani, que desde a minha chegada à Salvador teve um papel fundamental na minha formação acadêmica e humana, me guiando por esse árduo caminho da academia. Sem você eu não seria quem eu sou. Você é uma grande inspiração pra mim.

Agradeço à FAPESB pela bolsa concedida, que me fez poder fazer esse trabalho e à CAPES pela bolsa concedida para parte desse estudo ser desenvolvido na Suécia¹.

Esse trabalho não seria possível sem todo o suporte que eu tive. Vocês fazem parte de todo o equilíbrio para manter a mente sã e ver a beleza desse caminho que às vezes é bem árduo. Aqui deixo o meu mais sincero: OBRIGADA!

¹ Projeto número 88881.187079/2018-01

“Não é o que o mundo reserva para você, mas o que
você traz para o mundo”

(Lucy Maud Montgomery)

RESUMO

O Projeto Genoma Humano (PGH) aproximou ainda mais o campo da genética da sociedade em geral e trouxe consigo a expectativa de que, desvendando-se a sequência do DNA, teríamos supostamente decifrado o código da vida. Porém, o que descobrimos foi a complexidade das interações dentro do sistema genético e do sistema genético com outros sistemas orgânicos e com o ambiente até a formação de um organismo, com todas as suas características. A partir desse impacto, pesquisas em saúde e medicina humana fazendo uso do conhecimento genômico ganharam força, trazendo consigo a ideia inicial do PGH de que os genes seriam responsáveis, se não exclusivamente, ao menos de maneira principal, pela determinação de muitos traços dos organismos, o que favoreceu uma visão determinista genética. Um desafio importante a esta visão decorre, contudo, dos limites que os desdobramentos do próprio PGH mostraram para a tentativa de entender as características humanas (e de outros organismos) somente com base no genoma. Coloca-se, assim, o desafio igualmente importante de incorporar na educação básica e superior uma compreensão do importante papel e dos limites da informação genômica no entendimento da saúde e medicina humana, o que se mostra especialmente importante diante da disponibilidade de tecnologias genéticas para uso pelas pessoas. A expansão das tecnologias genéticas possibilita que parte da população comece a ter acesso à sua utilização, trazendo a decisão do seu uso ou não para discussões da vida em sociedade. A presente tese busca investigar dois aspectos relacionados a esse campo, de um lado, perguntando-se quais as atitudes de jovens adultos brasileiros diante das tecnologias genéticas, e, de outro, realizando um estudo de desenvolvimento de uma proposta para abordagem em sala de aula das possibilidades e dos limites da informação genômica ao lidar com questões de saúde. Utilizamos o questionário PUGGS (Entendimento Público e Atitudes Acerca de Genética e Genômica, em tradução livre) para investigarmos as atitudes de jovens adultos brasileiros a respeito do uso de quatro novas tecnologias gênicas relacionadas à saúde humana: terapia gênica, testes genéticos, testes genéticos pré-natais, e medicina personalizada e farmacogenômica. Concluímos que esse grupo tem atitudes positivas em relação ao uso e às aplicações dessas tecnologias, especialmente quando usadas para fins de saúde e quando há histórico de doenças na família. Esse achado nos levou a considerar a tendência desses jovens de aprovar o uso dessas tecnologias e até mesmo de submeterem-se a elas, por vezes sem nem mesmo ter ciência do que elas são e de quais possibilidades e limites trazem. Isso fez com que nos engajássemos num estudo de desenvolvimento de uma sequência didática sobre essas tecnologias, direcionada para aplicação para estudantes do Ensino Médio. Esta sequência é baseada em uma questão sociocientífica, usando como exemplo o caso da atriz Angelina Jolie, que se submeteu a um teste genético cujo resultado a levou a fazer uma dupla mastectomia. Provocamos, assim, discussões sobre tecnologias genéticas, aliadas a alternativas ao pensamento determinista genético, buscando capacitar estudantes para que entendam que o surgimento de características depende de complexas interações entre o sistema genético e ambientes em diferentes níveis (desde o interior da célula até os ambientes externos ao corpo humano). Aproximamos o caso da atriz à realidade da saúde brasileira, tornando a resolução do problema mais próxima ao contexto em que os/as estudantes estão inseridos, a fim de mobilizar conhecimentos científicos, filosóficos, éticos, culturais, políticos, econômicos que incidem sobre a tomada de decisões por esses cidadãos.

Palavras-chave: Entendimento público; tecnologias genéticas; atitudes; questão sociocientífica; genética e saúde.

ABSTRACT

The Human Genome Project (HGP) brought the field of genetics even closer to lay society, and entailed the expectation that, by decoding the DNA sequence, we would have supposedly decoded the code of life. But what we discovered was the complexity of the interactions within the genetic system and from the genetic system with other organic systems and the environment up to formation of an organism, with all its characteristics. From that impact, research on human health and medicine making use of genomic knowledge grew in strength, bringing with it the initial idea in the HGP that genes would be responsible, if not exclusively, at least mainly, for determining many traits of organisms, what favored a genetic deterministic view. An important challenge to this view follows, however, from the limits shown by the very unfoldings of the HGP in relation to the attempt to understand human (and other organisms') traits based only on the genome. It emerges, thus, the equally important challenge of incorporating in basic and higher education an understanding of the important role and limitations of genomic information in the understanding of human health and medicine. This is especially important in view of the availability of genetic technologies for people to use. The expansion of genetic technologies makes it possible that part of the population begins to have access to its use, bringing the decision about their use or not into discussions within life in society. We used the PUGGS questionnaire (Public Understanding and Attitudes towards Genetics and Genomics) to investigate the attitudes of young Brazilian adults regarding the use of four new gene technologies related to human health: gene therapy, genetic tests, prenatal genetic tests, and personalized medicine and pharmacogenomics. We concluded that this group has positive attitudes towards the use and applications of these technologies, especially when they are used for health purposes and when there is a history of illness in the family. This finding led us to consider the tendency of these young adults to approve the use of these technologies and even to submit themselves to them, sometimes without even being aware of what they are about and what possibilities and limits they bring. This made us engage in a development study of a teaching sequence about these technologies directed to high school students. This sequence is based on a socioscientific question, using as an example the case of Angelina Jolie, who realized a genetic test the results of which led her to undergo a double mastectomy. Thus, we prompt discussions about genetic technologies, allied to alternatives to genetic deterministic thinking, expecting to enable the students to understand that the emergence of characteristics depends on complex interactions between the genetic system and environments at different levels (from inside the cell to the environments outside the human body). We brought the case of the actress closer to the reality of Brazilian health, putting the resolution of the problem more into the context in which the Brazilian students are embedded, in order to mobilize scientific, philosophical, ethical, cultural, political and economic knowledge that affects decision-making by these citizens.

Keywords: Public Understanding; genetic technologies; attitudes; socioscientific issues; health and genetics.

LISTA DE FIGURAS

Brazilian Young adults' attitudes towards genetic technologies

Figura 1 General attitudes towards each genetic technology in the five questions for each technology.....35

Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Abordando a relação fenótipo-genótipo em uma sequência didática utilizando QSC sobre câncer de mama

Figura 1 Esquema ilustrando a proporção do câncer de mama em pessoas do sexo feminino que possuem (primeiro quadro) ou não (segundo quadro) um alelo mutante do gene BRCA1.....70

Figura 2 Proporção de pessoas com um alelo mutante do gene BRCA1 em pessoas do sexo feminino com câncer de mama..... 71

Figura 3 Heredograma da família da Camila da sequência didática “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo”79

LISTA DE TABELAS

Brazilian Young adults' attitudes towards genetic technologies

Table 1 General information about the sample.....	31
Table 2 Mean values and standard deviation for the items measuring agreement or disagreement with each statement about genetic technologies.....	33
Table 3: Kendall's correlations between subcategories of attitudes towards genetic technologies.....	39

Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Abordando a relação fenótipo-genótipo em uma sequência didática utilizando QSC sobre câncer de mama

Tabela 1 Habilidades que podem ser desenvolvidas pelas estudantes na educação científica formal a partir das questões sociocientíficas.....	56
Tabela 2 Objetivos conceituais, procedimentais e atitudinais da sequência didática “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo”.....	65
Tabela 3 Contextos nos quais são recomendados fazer testes genéticos no caso do câncer de mama.....	77
Tabela 4 Informações gerais das professoras-pesquisadoras avaliadoras da SD “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo.....	86
Tabela 5 Resultado da validação da SD “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo” por professoras-pesquisadoras.....	87

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	17
Capítulo 1: Brazilian Young adults' attitudes towards genetic tecnologia	22
Introduction	22
Attitudes	23
Attitudes towards science.....	23
Attitudes towards biotechnologies and genetic technologies	24
Aim and research questions	28
Methods	28
The instrument - the PUGGS questionnaire	28
Sample	29
Statistical analysis	29
Ethical considerations	31
Results	32
Validity and reliability of the instrument	32
Positive attitudes	32
Attitudes towards each technology.....	36
Relationships between genetic Technologies.....	38
Comparing the technologies.....	40
Implications	41
References	43
Capítulo 2: Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Abordando a relação fenótipo-genótipo em uma sequência didática utilizando QSC sobre câncer de mama	49
Introdução	49

Determinismo Genético	51
Ensino sobre as relações ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTSA)	54
O que são QSCs	55
Dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA) dos conteúdos	60
Sequência didática “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo”	62
Objetivos da SD	63
Aulas 1 e 2: apresentando o caso de Sofia	67
Aula 3: Jogo Adivinha só!	72
Aula 4: Tomada de decisão	75
Fechamento	84
Validação da sequência didática “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo”	85
Conclusões	89
Referências	90
Anexo 1: Barema de avaliação da SD	97
Anexo 2: Manual Didático	127
CONCLUSÕES	167
REFERÊNCIAS	170

APRESENTAÇÃO

Na segunda metade do século XX, a biologia molecular viveu uma grande ascensão e os avanços no conhecimento dessa área permitiram o desenvolvimento de um número crescente de tecnologias genéticas. Um dos avanços importantes na história da biologia molecular foi o Projeto Genoma Humano (PGH), que trouxe grandes expectativas em torno do desvendamento da sequência do DNA humano. Durante anos, alguns cientistas acreditaram que encontrar o segredo da vida seria simples: deveríamos conhecer o que estava escrito nas sequências de DNA e entenderíamos todo o processo que envolve o desenvolvimento de um organismo. Acreditava-se que o sequenciamento do DNA seria capaz de explicar quais eram os genes humanos e qual seria seu papel na produção de características humanas. E é nesse momento de encantamento com as possibilidades do conhecimento que o PGH traria que a sociedade e a população leiga começam a saber mais acerca do campo de estudo da genética (NIELSEN; MØLDRUP, 2006).

Uma ideia que atravessou a história da genética e esteve presente no PGH, a de que os genes seriam responsáveis, se não exclusivamente, ao menos de maneira principal, pela determinação de muitos traços dos organismos, favoreceu a propagação de um pensamento determinista genético. Assim, atribuiu-se aos genes uma grande responsabilidade na formação dos traços humanos ao nível do indivíduo, em muitos casos conferindo a eles um poder causal maior do que as hipóteses mais aceitas nas comunidades acadêmicas relevantes (GERICKE et al., 2017).

Havia uma clara esperança de que, de posse das sequências de DNA desvendadas, esse conhecimento traria um grande benefício para a saúde humana (CALSBEEK et al., 2007), tanto que o crescimento e o desenvolvimento de aplicações das tecnológicas genéticas foram acentuados em áreas relacionadas à saúde e medicina humana (BOWLING et al., 2008). Contudo, com o genoma sequenciado em mãos, pesquisadoras se viram analfabetas diante de uma complexidade de letras e dados que os fizeram perceber que há um abismo entre a informação genética e o seu significado biológico (KELLER, 2002).

Mas, nesse momento, a visão determinista genética já havia ganhado tal força na sociedade que não era difícil observar que um discurso de caráter determinista, muitas vezes era usado para naturalizar traços culturais e sociais humanos, se espalhava

para muito além das comunidades científicas envolvidas em genética, genômica e áreas afins. Isso se refletiu no modo de ensinar sobre os genes na educação formal, com a prevalência de uma linguagem determinista genética nos livros didáticos e nas próprias aulas de genética, tanto do ensino médio quanto do ensino superior (DOUGHERTY, 2009; EVANGELISTA, 2016; GERICKE et al., 2014; SANTOS; JOAQUIM; EL-HANI, 2012) e nos meios de comunicação (CARVER, 2013; CONRAD, 2001; HUBBARD; WALD, 1993).

Diante desse cenário, é importante investigarmos as atitudes da sociedade acerca das tecnologias gênicas decorrentes da pesquisa genética e genômica, especialmente aquelas que começam a ser mais acessíveis à população. Faz-se necessário, inclusive, ensinarmos sobre tecnologias gênicas, como elas funcionam, como impactam no nosso cotidiano e como fazer escolhas informadas a respeito delas, fazendo uso de forma consciente das informações que podem nos dar, bem como dos limites associados a essas informações. Também é fundamental mudarmos a forma de ensinar e comunicar sobre os genes, a fim de que possamos promover visões não-deterministas acerca de seu papel nos sistemas vivos, com explicações probabilísticas e causais a respeito do genoma, envolvendo interações entre diversos fatores, que podem – ou não – resultar em diferentes fenótipos (EVANGELISTA, 2016).

Essa tese faz parte de um projeto maior, iniciado ainda durante o meu mestrado, intitulado “*Public Understanding and Attitudes towards Genetics and Genomics Project*” (PUGGS) (em tradução livre: Projeto sobre Entendimento Público e Atitudes Acerca de Genética e Genômica), coordenado por meu orientador, Charbel N. El-Hani, e desenvolvido pelo Laboratório de Ensino, Filosofia e História da Biologia (LEFHBio), em colaboração com pesquisadores das Universidades de Karlstad (Suécia) e Marselha (França), e do Instituto Norueguês de Saúde Pública (Noruega). Nesse projeto, foi desenvolvido, validado e utilizado em estudos específicos um questionário visando investigar a relação entre três elementos chave: crença no determinismo genético, conhecimento sobre genética moderna, e atitudes com relação à genética moderna e às novas tecnologias genéticas. Desse projeto, temos já publicados os artigos “*Young Adults' Belief in Genetic Determinism, and Knowledge and Attitudes towards Modern Genetics and Genomics: The PUGGS Questionnaire*” (CARVER et

al., 2017) e “*Exploring Relationships Among Belief in Genetic Determinism, Genetics Knowledge, and Social Factors*” (GERICKE et al., 2017).

Expandindo o trabalho com o questionário PUGGS, tive a oportunidade de fazer um doutorado sanduiche em Karlstad, na Suécia, orientada pelo Prof. Dr. Niklas Gericke, colaborador do nosso laboratório². Na Universidade de Karlstad, fiz aplicações do nosso questionário e, como resultado, foi publicado o capítulo de livro “*Is Belief in Genetic Determinism Similar Across Countries and Traits?*”, colaborando também com pesquisadores da Universidade Stony Brook (Estados Unidos) (GERICKE et al., 2021).

Um artigo que relata resultados de pesquisa realizados com o PUGGS está incluído nesta tese, “*Brazilian young adults’ attitudes towards genetic technologies*”, a ser submetido ao periódico *Plos One*³. Nesse artigo, abordamos as atitudes de jovens brasileiras e brasileiros a respeito do uso de quatro tecnologias gênicas relacionadas à saúde humana: terapia gênica, testes genéticos, testes genéticos pré-natais, e medicina personalizada e farmacogenômica.

Nesse estudo, pudemos perceber que jovens adultas e adultos têm uma atitude positiva acerca dessas tecnologias gênicas. A partir desse achado, que nos levou a considerar a tendência desses jovens de aprovar o uso dessas tecnologias e até mesmo de submeterem-se a elas, por vezes sem nem mesmo ter ciência do que elas são e de quais possibilidades e limites trazem, consideramos relevante realizar um estudo de desenvolvimento de uma sequência didática a respeito de tais tecnologias, direcionada para aplicação para estudantes do Ensino Médio. Para isso, escolhemos uma tecnologia para que pudéssemos desenvolver o trabalho em sala de aula. Escolhemos trabalhar com a tecnologia dos testes genéticos pois, através dos resultados do estudo sobre suas atitudes, observamos que estudantes conseguem perceber questões éticas que envolvem esse tipo de tecnologia. Por exemplo: as/os estudantes acham problemático que empresas de seguros e empregadores tenham acesso aos resultados de testes genéticos, mas, ainda assim, 65% desses estudantes concordam que esses testes estejam disponíveis para compra online, 98% concordam que esses testes devem estar disponíveis para pessoas que tem histórico de doença

² Projeto número 88881.187079/2018-01

³ Por esse motivo, este capítulo está escrito na língua inglesa e sua formatação está seguindo o padrão APA, pois é o requisitado pela revista.

familiar e 93% consideram se submeter a esses testes para descobrir riscos de desenvolver doenças.

Assim, no segundo capítulo, tratamos do desenvolvimento de uma sequência didática (SD) baseada em uma questão sociocientífica (QSC), que visa promover um modo não-determinista de ensinar sobre os genes. Este capítulo corresponde ao artigo “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Abordando a relação fenótipo-genótipo em uma sequência didática utilizando QSC sobre câncer de mama”, a ser submetido à Revista Genética na Escola⁴.

Na SD “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo”, utilizamos para construir a QSC o caso da atriz Angelina Jolie, que realizou uma dupla mastectomia após o resultado de um teste genético que acusou a presença do alelo BRCA1 mutado. Decidimos usar esse caso em decorrência de sua grande repercussão midiática, mas trouxemos situações e questionamentos pertinentes à realidade brasileira, com linguagem simples, buscando aproximar o caso ao cotidiano das estudantes. Apesar de criada para alunos do ensino médio, a SD pode também ser aplicada para estudantes de licenciatura em Biologia, Ciências Biológicas, Ciência Naturais, entre outros cursos.

Finalizo essa tese com uma conclusão e sugestões para estudos futuros, ciente de que temos muitos desafios no campo do ensino de genética, que precisa estar comprometido com a formação de cidadãos que compreendam o papel da genética no seu cotidiano, seja nas decisões acerca da sua própria saúde, seja nas decisões que impactam a saúde pública.

Gostaria de salientar que, ao escrever esse texto, me deparei com um questionamento: seria possível o uso de uma linguagem neutra e inclusiva? A primeira ideia foi usar “x” ou “@” nas palavras (por exemplo: “alunxs” ou “alun@s”), porém essa substituição dificulta a leitura por pessoas com condições como dislexia ou pertencentes ao espectro autista, exclui pessoas cegas ou com outras condições que utilizam *softwares* para leitura de textos, além de tornar as palavras impronunciáveis para a comunicação oral (LAU, 2017). Lau (2017) sugere a utilização do sistema “Elu”, que substitui o uso de “ele” ou “ela” por “elu”, além de outras modificações, como

⁴ Devido a isso, esse capítulo está escrito seguindo a formatação da ABNT, exigida pela revista à qual o artigo será submetido.

forma de incluir pessoas não-binárias. Por ser uma linguagem nova, a qual ainda não estamos acostumados a ler, imaginei que poderia causar certo estranhamento nas pessoas que lerão esse texto. Assim, procurei substituir, sempre que possível, as palavras com demarcação de gênero para palavras de gênero neutro. Entendo que essa substituição nem sempre será possível. Lembrei-me das palavras de Judith Butler no seu livro Problemas de gênero:

“Numa linguagem difusamente masculinista, uma linguagem falocêntrica, as mulheres constituem o *irrepresentável*. Em outras palavras, as mulheres representam o sexo que não pode ser pensado, uma ausência e opacidade linguísticas. Numa linguagem que repousa na significação unívoca, o sexo feminino constitui aquilo que não se pode restringir nem designar (BUTLER, 2008, p. 28-29, ênfase da autora)

Tomada por esse pensamento da representação feminina, como forma de me colocar contra o plural masculino genérico, quando não for possível o uso de uma linguagem neutra, optarei por usar o plural feminino e peço desculpas desde já caso deixe passar algum plural masculino escrito pela força do hábito⁵.

⁵ Continuo usando o plural masculino no resumo, por não ter apresentado ainda meus argumentos, e na apresentação do estudo PUGGS pois, para esse estudo, perguntamos o gênero das pessoas participantes, que poderia indicar uma influência na resposta do questionário. Sendo assim, colocar o plural no feminino pode levar à pessoa leitora desse texto a achar que apenas as jovens brasileiras do gênero feminino estão nas porcentagens apresentadas.

Brazilian Young adults' attitudes towards genetic technologies

INTRODUCTION

Genetic issues are increasingly present in everyday life in our society. More and more commonly people talk about the influence of DNA and genes on human characteristics and especially on diseases, and it is easy to hear about genetic advances in the media, both about genetic knowledge and genetic technologies. Besides the popularisation of genetics and genetics-based discourse by the media, genetic technologies, such as genetic tests, start to be available for purchase for anyone who can pay (1).

Considering this large influence of genetic ideas and genetically based technologies, society needs citizens who show higher levels of genetic literacy and are able to make well-informed judgments and sound decisions on genetic issues (2,3). Besides, they should be well prepared to elect political representatives who are capable of making well-founded judgments regarding, say, funding for research and applications of technologies that affect society and individual lives (4).

In an effort to understand public opinion about genetic technologies, studies on people's attitudes towards modern genetics and biotechnology have been done around the world (3,5,6,7,8,9,10,11) especially regarding the use of GMOs (12,13,14,15,16). However, the growth and development of applications of genetic and genomic technologies have been especially pronounced in fields related to health, medicine, and human welfare (2). Importantly, the technologies in these areas have gained importance in people's everyday life and decision-making, especially applications related to gene therapy, genetic testing, prenatal genetic testing, and personalised medicine and pharmacogenomics (1,3,6). Despite this increase in the availability and impact of these technologies on individual lives and society, few studies to investigate people's attitudes and opinions towards these technologies have been conducted in the whole world and especially in Brazil. Following the global trend, studies on Brazilian citizens'

views towards genetic technologies tend to investigate issues related to GMOs (17,18,19,20,21,22). The present study fills, thus, a relevant gap concerning science, technology and society relationships with regard to genetic technologies. We will begin by explaining how we understand attitudes in the investigation reported here.

Attitudes

An attitude is an evaluation judgment of a psychological object made in relation to a diversity of dimensions, such as good-bad, harmful-beneficial, pleasant-unpleasant, and likeable-dislikeable (23,24,25). Attitudes cannot be measured directly, i.e., they are latent variables that are not directly observed but inferred from other variables that can be directly measured. Attitudes are stored in long-term memory, change and develop, and involve aspects of knowledge, feeling and behaviour (26).

The concept of attitude has been borrowed from social psychology into several fields, including science education (27). In this paper, we understand attitude as “an association in memory between a given object and one’s evaluation of that object” (28). According to this definition, an attitude can show variable strength, like any construct based on associative learning.

Attitudes towards science

The excitement about The Human Genome Project led to increasing attention to genetic knowledge among the lay public, especially due to the interest in the development of technologies related to health (29,30).

The growth of science-based technologies can bring positive and negative consequences to society, but there is a general tendency to see them positively. For instance, 79% of the British citizens agree that science and technology make life healthier, easier and more comfortable (6), and 96% of Turkish teachers disagree that modern science does more harm than good (3). 81% of the Brazilian students investigated by Massarani and Moreira (20) were shown to have a positive image of scientists and 84% of the Brazilian laypeople were

shown to think that science contributes to curing diseases (22), while 72% believe that it helps to understand the world they live (31). All in all, belief in the benefits of modern science is a tendency in many countries (3,6,10). However, it was also shown that attitudes towards science and its applications are more positive in developing compared to developed countries (32).

As Sturgis et al. (6) argue, general attitudes towards science are diverse across fields. For instance, someone could be positive towards biotechnologies, but negative towards nuclear power. Thus, to understand public attitudes towards science, we should examine specific fields of study. In this study, we focused on investigating attitudes towards four genetic technologies: gene therapy, genetic testing, prenatal genetic testing, and personalised medicine and pharmacogenomics. This focus is justified by the increasing importance of genetic technologies in public and private life, making it fundamental to investigate people's attitudes towards the use of these technologies.

Attitudes towards biotechnologies and genetic technologies

Studies carried out around the world indicate that people tend to be positive towards biotechnology. A study in the UK and Taiwan showed that high school students did not believe that biotechnology and genetic engineering would make life worse for humans, in other words, they had positive attitudes towards these fields and their impacts on human life (5). In another study, 44% of the Europeans agreed that biotechnology would improve human life (33). Brazilians are also generally supportive of biotechnologies, especially when they generate medical benefits (20,22).

Biotechnology is a vast field of study and one of its uses is to develop genetic technologies. People also tend to be favourable toward the use of genetic technologies. 76% of the Wellcome survey respondents (carried out in the UK) agreed that genetic treatments would reduce human suffering (6). Similarly, Turkish middle school teachers tended to be supportive of genetic applications if they judged them as useful (3). The same tendency was found in other countries, such as Japan (13), U.S. (14), Argentina, Chile, Mexico and Peru (7), and Australia (8).

In this scenario, it becomes increasingly important to investigate people's attitudes towards genetic technologies. For the present study, we chose four genetic technologies that offer medical benefits: gene therapy, genetic tests, prenatal genetic tests, and personalised medicine and pharmacogenomics.

Gene therapy is the insertion of genes into a cell or tissue to substitute a defective gene. Studies in attitudes and opinions about gene therapy reveal that European people, at the time the studies were conducted, were not confident about safety and regulatory approval systems governing gene therapy, being this finding especially salient among women and elderly people (34). It was also found that people were supportive of the use of gene therapy if medical benefits were the focus, but not if it was to be employed to enhance traits, *i.e.*, to modify personal characteristics, like eye colour, intelligence, and others (35).

Genetic tests, in turn, are procedures that examine a person's DNA sequences and can reveal changes or variations in specific sequences that may be associated with an illness or a disorder. Following the tendency in genetic technologies as a whole, studies on attitudes towards genetic testing had shown that people show positive appraisals when this technology brings medical benefits regarding improved disease treatment, diagnosis, and prevention (36,37) and when it helps to determine someone's ancestry or parentage (38,39). However, there is a tendency for rejecting the idea of choosing physical or mental traits for carrying out genetic tests (40).

Nowadays, people can order genetic tests online, through the so-called direct-to-consumer tests (DTC). Most companies that offer DTC tests are from the U.S. To order a genetic test, the consumer should choose a company, the kind of test, and pay for it. He or she will receive in his/her house, via post service, a collection kit, with instructions, and a container where should be stocked a saliva sample to be returned (also via post service) to the company. The saliva will be analysed and a report will be generated and made available to the user in the company website, in a private area (36).

The most common DTC tests are related to health risks, hereditary carrier status, ancestry, reaction to some substances – for example, alcohol, caffeine,

medications, vaccines, foods, dietary supplements, and even skin treatments –, and some traits like baldness and athletic ability (36).

Critchley and colleagues (36) argue that DTC tests could be positive as they are totally anonymous (differently from a test requested by a physician) and the results will not become part of a person's health record, which could avoid genetic discrimination. However, from another standpoint, they also argued that DTC tests had shown some problematic aspects: it is essential to know more about the accuracy to measure the genotype of interest reliably, since the capacity of these tests to detect the presence or absence of some disease is not properly supported, because they have not been fully evaluated. Moreover, there is evidence pointing to inaccuracy in DTC tests (41,42,43). We should also note shortcomings in the utility of the results to patients because there are no laws to regulate how the DTC tests should be interpreted and reported to them. Ng et al. (44) found a significant inconsistency when comparing how the interpretation was made in results from two reports produced by different companies about the same patient. We should also not dismiss the fact that, to understand the test outcomes, even when an interpretation is provided, may be still demanding for the patients, especially if they show low levels of genetic literacy.

Genetic tests are also available to be done before birth, the so-called prenatal genetic tests. Prenatal genetic tests are also available direct-to-consumer, especially for sex identification and paternity (45). In a study in the U.S., there was a tendency to approve prenatal genetic tests based on the idea that to know about the genetic condition of babies could offer “peace of mind” during pregnancy. People were supportive of investigating severe genetic disorders, but they disapproved the trivialisation of the tests, influenced by DTC tests and their use to choose traits in the fetus, such as its sex and others that could contribute to any kind of discrimination, or lead to selective abortion (40,45).

Finally, pharmacogenomics and personalised medicine are relatively new to the public. The basic idea is to find the best medication or treatment for diseases using information from the person's genomic sequence. Using this information, physicians – and others health professionals – attempt to predict how the person will metabolise certain drugs, selecting treatments and adjusting doses for each patient or even pharmaceuticals could develop new drugs according to the

person's genetic profile (46). In previous studies, people tended to support the development of personalised medicine, but they also expressed the concern that tailored medicine may increase the prices of drugs. Thus, access to pharmacogenomics would be limited to rich people, both for the costs of sequencing one's genome and for the increased costs of treatments. Moreover, the public tended to care about confidentiality and discriminations issues related to this technology (29,46).

Overall, confidentiality is one of the most cited concerns by the public for all the genetic technologies, as people worry about the fact that the majority of countries are not ready to deal with genetic information issues. At the moment, in the U.S., health insurance companies and employers are prohibited from requesting genetic information or asking about genetic information from the insurers, employees, and their families. The companies are also prohibited from using genetic information to make decisions about groups or individuals, for instance, setting premiums, hiring, promoting or firing employees (47).

The International Declaration on Human Genetic Data adopted by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) states:

Human genetic data, human proteomic data and biological samples linked to an identifiable person should not be disclosed or made accessible to third parties, in particular, employers, insurance companies, educational institutions and the family, except for an important public interest reason in cases restrictively provided for by domestic law consistent with the international law of human rights or where the prior, free, informed and express consent of the person concerned has been obtained provided that such consent is in accordance with domestic law and the international law of human rights (48)

In Brazil, there is a recent law to regulate the use of genetic data, the General Personal Data Protection Law (49), which consider genetic data as sensible information and state that Brazilian citizens who submit themselves to genetic tests should give informed consent. The law does not specify, however, any

guarantees about the privacy of findings and results about their genetic profile, or how they might be used.

Taking into account that people could be in a situation to choose about submitting herself/himself or their relatives to genetic tests, gene therapy, and personalised medicine, and that the access to these technologies is available to the population (especially genetic tests), we should consider what people think about them to make specific laws, awareness campaigns, and other efforts to communicate and explain better about the tests and their consequences in a way that the public yearnings should be contemplated. For this purpose, to understand people's attitudes toward these genetic technologies will also be instrumental.

AIM AND RESEARCH QUESTIONS

The aim of this study is to investigate young adults' attitudes towards new genetic technologies related to human health. The research questions guiding the study are:

- 1) Do young adults show positive attitudes towards new genetic technologies (as represented by *gene therapy, genetic testing, prenatal genetic testing, and pharmacogenomics and personalised medicine*)?
- 2) Are there any differences in attitudes towards the different gene technologies investigated in the study?

METHODS

The instrument - the PUGGS questionnaire

The *Public Understanding about Genetics and Genomics questionnaire* (PUGGS) has been published in 2017 (27) and contains five sections (Appendix 1): the first section is about personal information; the second intends to measure beliefs in genetic determinism; the third and fourth probe knowledge about modern genetics and genomics and the contributions of genetic and environmental factors to trait development; and the last one, the fifth, consists of sub-scales measuring attitudes towards applications of modern genetics and genomics related to (i) gene therapy; (ii) genetic testing; (iii) prenatal genetic

testing; and (iv) personalised medicine and pharmacogenomics. In this study, we have only used data related to the fifth section.

In this section, respondents should answer the question: “On a scale from strongly disagree to strongly agree, to what extent do you agree with the following statements?”. The Likert scale has four options: “strongly disagree”, “disagree”, “agree”, and “strongly agree”, and for each technology five statements are presented to the respondent. Each of the four sub-sections is shortly introduced and explained before the items are presented, in order to provide each respondent with the same definition and knowledge baseline. The full background and validation of the PUGGS questionnaire can be found in Carver et al. (27).

Most of the statements have a direct response, but some of them have a reverse answer. Questions Q27, Q28, Q29, Q30, Q31, Q32, Q33, Q35, Q36, Q38, Q40, Q41, Q42 and Q45 have a direct response. It means that if the student marks “strongly agree”, he or she is strongly positive towards the technology. This is the case, for example, of item 27: “If I had a serious genetic disorder. I would consider undergoing gene therapy to try to cure it”. However, in questions Q26, Q34, Q37, Q39, Q43 and Q44 we have a reverse response format, in which, if the student marks “strongly agree”, it means that he or she has a strongly negative attitude, as, for example, in Q44: “I am sceptical toward pharmacogenomics because of the possibility of getting information about my genes that is unrelated to the treatment.”

Sample

The PUGGS questionnaire was applied to a group of 446 Brazilian young people, who was in the first year in an Interdisciplinary Bachelor Program in a public university in Northeast Brazil between February and March 2015. The data were collected in the classrooms, in person, by two of the authors of this paper, with the consent of the responsible teachers. It took about 25 minutes for the respondents to fill in the whole questionnaire, including all five sections.

We choose the Interdisciplinary Bachelor Program because this program is a modality of undergraduate studies in which the students have a general education, similar for all of them, because they are in the first three semesters of

the course, and have just concluded high school. Later, they move into a more specific formation, in which they can choose between arts, science and technology, humanity, and health sciences (in the last three semesters). In this manner, by gathering the data with these young adults, we were able to have a sample of subjects interested in different fields of study, and, moreover, who came from high- and low-income families (because 50% of this public university students should necessarily come from public schools, where mostly low-income families enrol their youngsters, differently from the previous situation in Brazil, in which we would find mostly high-income students in a public university). The respondents were mostly young (41% had between 16 and 18 years old) and had completed high school education, which is a requisite to enter the university. The proportion of respondents from both genders and from different fields of specific study was similar.

According to the Brazilian Institute of Geography and Statistics, in 2018 only 47,4% of the Brazilians with 25 years old or more have completed high school, and only 20,5% started an undergraduate course (50). Thus, this sample is not representative of all Brazilians but is representative of Brazilian young adults who completed high school.

The final data were obtained from 427 respondents, as in 19 questionnaires (4% of the total) more than 10% of items were left unanswered, leading to their exclusion due to the amount of missing data. Table 1 shows general information about the sample investigated in the study.

<i>ITEMS</i>	%
Gender	
Female	51
Male	49
Age	
16-18	41
19-21	29
22 or older	30
Area of study	
Science and Technology	26
Humanities	28
Health	23
Arts	23

Table 1: General information about the sample (elaborated by the author).

Statistical analysis

To measure internal reliability, we used Cronbach's alpha in the statistical packages SPSS© (version 22) and R (with the Psych package) (all calculations were run in both, to ensure accuracy). As computing the Cronbach's alpha does not support missing data, we replaced the missing values by modal value imputation (51).

We applied Kendall's correlation among each subsection of attitudes (*gene therapy, genetic testing, prenatal genetic testing, and personalised medicine and pharmacogenomics*) to analyse putative relationships among the responses concerning these different genetic technologies.

Ethical considerations

The study followed the ethical regulations found in the Brazilian relevant guidelines (Resolutions 196/96, 466/12 and 510/2016 from the Brazilian National Committee of Ethics in Research) and has been approved by the Committee for Ethics in Research from the Nursing School of the university where the investigation was carried out (Project number: 42640914.2.0000.5531; approval number: 1.023.782; decision number: P2018-377-219ee). The questionnaires were anonymous, and all students agreed to participate, signed the informed consent term, and allowed the use of the data for publication.

RESULTS

Validity and reliability of the instrument

The Cronbach's alpha for the whole battery of attitude questions (PUGGS section 5) was 0.84, suggesting that the scale is reliable, as a Cronbach alpha over 0.70 is considered satisfactory (52).

Positive attitudes

General attitudes towards genetic technologies: The Brazilian young adults investigated in this study generally show a positive attitude towards genetic technologies. The mean value measures to what extent the respondents are positive towards the technologies. In a scale that starts in 20 and ends in 80, the highest value means that people are totally positive toward the technologies, and our results show a mean value of 63.92. Table 2 shows the mean values and standard deviation for the items measuring agreement or disagreement with each statement about genetic technology.

<i>STATEMENTS</i>		<i>Mean Value</i>	<i>Standard Deviation</i>
Section 5: Attitudes towards applications of modern genetics and genomics (whole section)		63.92	7.01
Gene Therapy (whole subsection)		15.80	1.92
26	I am sceptical toward gene therapy because I am scared by the thought of interfering with our genes	3.26	0.71
27	If I had a serious genetic disorder. I would consider undergoing gene therapy to try to cure it.	3.56	0.56
28	I would be glad if gene therapy was available for people with serious genetic disorders.	3.73	0.47
29	I think gene therapy should be used to modify or enhance physical attributes such as athletic performance.	1.80	0.77
30	I am generally positive towards gene therapy and think the government should invest more money into its development.	3.44	0.61
Genetic Test (whole subsection)		15.45	2.20
31	At some point in my life. I might consider having a genetic test to find out my risk of developing various genetic diseases.	3.36	0.67
32	I am glad that genetic tests can be ordered on the internet.	2.78	0.85
33	I am glad that genetic tests are available so that people with a family history of serious genetic disease can find out if they are at risk.	3.66	0.53
34	The availability of genetic tests for insurance companies and future employers is problematic.	2.27	0.93
35	I am generally positive towards genetic testing and think the government should invest more money into its development.	3.38	0.62
Prenatal Genetic Test (whole subsection)		15.80	2.60
36	If I had a family history of a serious genetic disease. I would definitely want to use prenatal genetic diagnosis.	3.44	0.68
37	I do not think prenatal diagnosis should be made available for detecting conditions such as asthma and Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD).	2.90	0.83
38	The government should make prenatal genetic testing available to all individuals who want it.	3.32	0.73
39	Prenatal genetic testing should only be allowed for severe genetic diseases.	2.72	0.89
40	I am generally positive towards prenatal genetic diagnosis and think the government should invest more money into its development.	3.40	0.63
Personalised Medicine and Pharmacogenomics (whole subsection)		16.88	2.20
41	If I were diagnosed with cancer. I would consider having my genes analysed in order to help chose a cancer treatment with the fewest side effects.	3.66	0.55
42	If I had a family history of diabetes. I would consider having my genes analysed in order to help me make lifestyle choices and decisions about interventions that may prevent diabetes from developing.	3.55	0.59
43	I would not be willing to get my whole genome analysed. because I worry about issues of confidentiality.	3.19	0.75
44	I am sceptical toward pharmacogenomics because of the possibility of getting information about my genes that is unrelated to the treatment.	3.08	0.70
45	I am generally positive towards personalized medicine and pharmacogenomics and think the government should invest more money into its development.	3.40	0.65

Table 2: Mean values and standard deviation for the items measuring agreement or disagreement with each statement about genetic technologies. (elaborated by the author).

To interpret the main direction of the student's attitudes, in Figure 1 their responses are categorized in two clusters: positive (those who answer "agree" and "strongly agree" in direct questions, or "disagree" and "strongly disagree" in reverse questions) and negative (those who choose "disagree" and "strongly disagree" in direct questions, or "agree" and "strongly agree" in reverse questions).

The technology towards which the respondents showed more positive attitudes was personalised medicine and pharmacogenomics, with 91% of positive responses, followed by prenatal genetic tests (83%), gene therapy (79%), and genetic tests (78%).

For all the technologies, the respondents agreed that these applications should be available to the population (Q28, Q32, Q33, Q37, Q38, Q39), even if the disease or disorder is not so severe or the person has no family history of being affected by it (Q37, Q38, Q39). For instance, 86% agreed or strongly agreed that *"the government should make prenatal genetic testing available to all individuals who want it"*. However, the agreement decreased when they were asked if a genetic test might be available to be ordered on the internet (Q32), showing concern about the use of these technologies outside the healthcare system.

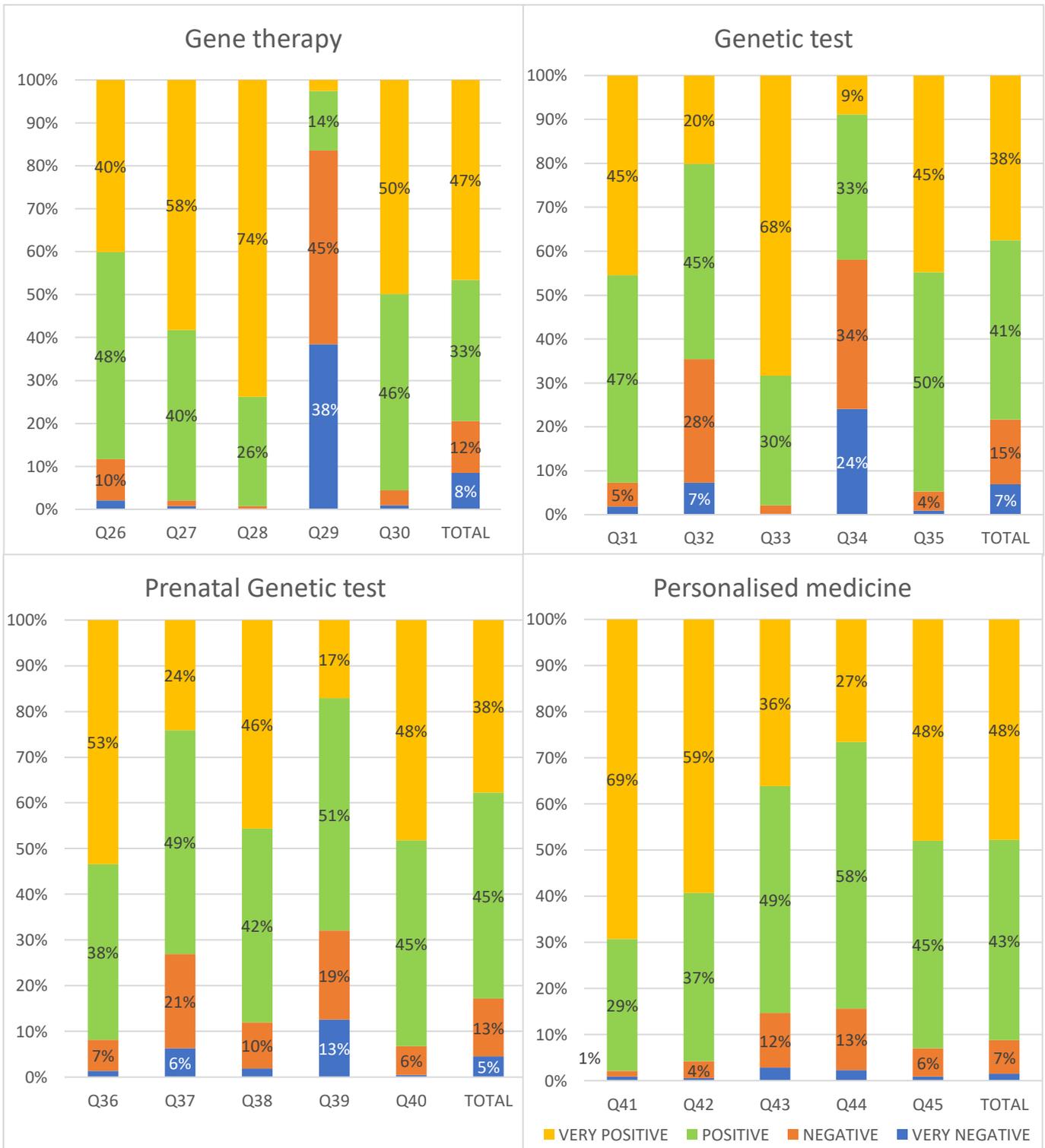


Figure 1: General attitudes towards each genetic technology in the five questions for each technology (elaborated by the author).

Attitudes towards each technology

Gene therapy: this technology was given the third-highest score, with 79% positive answers. However, 96% of the respondents answered that they agreed or strongly agreed with the statement *“I am generally positive towards gene therapy and think the government should invest more money into its development”* (item 30), which is the highest score, compared to the other three technologies, when the participants should judge their attitude towards governmental investments to develop the technology. It was item 29 that mostly contributed to the overall lower mean value for positive attitudes towards this technology: 84% of the respondents disagreed that *“I think gene therapy should be used to modify or enhance physical attributes such as athletic performance”*. This response pattern suggests that young people are concerned about ethical issues related to physical attributes in relation to aspects such as athletic performance, but this does not necessarily mean that they show negative attitudes towards this technology in general. It rather indicates that the respondents' attitudes vary depending on the context in which the technique is used, and with which purpose. For purposes such as improving athletic performance, the attitudes are more negative when compared to medical reasons, as in the case of genetic disorders. In this case, the respondents were generally supportive, 98% of them answering that they would consider undergoing gene therapy to try to cure a genetic disorder (item 27) and 99% approving the availability of this therapy for those who have genetic disorders (item 28). Hence, the ethical dimension of the use of the technology is an essential factor modulating these Brazilian young adults' attitudes towards gene therapy.

Genetic tests: this technology was the least supported one, with 78% of the respondents presenting positive attitudes towards it. However, about 95% of the investigated young adults were positive towards governmental investments in their development (item 35). How can people be less supportive but still believe in investments in this technology? This discrepancy can be explained by considering the issues towards which the students showed more disagreement. Concerning the statement in item 34, *“The availability of genetic tests for insurance companies and future employers is problematic”*, the young adults

manifested some worries about the availability of the tests for use for insurance and employment decisions, as about 58% agreed or strongly agreed with this statement, a proportion much smaller than those supporting governmental investments in them. Once again, this does not mean that they do not support the technology in general terms, but that they show concerns with the ethical consequences of some uses of it. The responses also indicate a worry about the commercialization of genetic tests. When asked about the availability of the tests for ordering on the internet (item 32), the respondents were supportive to an even lesser degree, since about 45% agreed and 20% strongly agreed with this statement, while about 35% of the investigated young adults disagreed or strongly disagreed. Notwithstanding, about 98% of them agreed and strongly agreed (30% and 68%, respectively) with the availability of these tests to people with a family history of genetic diseases (item 33) and 93% considered the possibility to do genetic tests on their behalf to find out about risks to develop genetic diseases (item 31).

Prenatal genetic tests: students were also generally positive towards this genetic technology, as shown by the fact that 83% of the respondents exhibited positive attitudes. About 93% agreed with the statement *“I am generally positive towards prenatal genetic diagnosis and think the government should invest more money into its development”* (question 40). About 92% agreed that they would use prenatal genetic tests if they had a family history of severe genetic disease (item 36) and 86% support the idea that *“the government should make prenatal genetic test available to all individuals who want it”* (item 38). In turn, a smaller proportion (68%) manifested agreement that such tests should be limited to severe genetic disorders: *“prenatal genetic testing should only be allowed for severe genetic diseases”* (item 39), while 73% disagreed that they should be used for less severe conditions, as expressed in the statement *“I do not think prenatal diagnosis should be made available for detecting conditions such as asthma and Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD)”* (item 37). Hence, young adults think it is ok to use prenatal genetic tests for severe genetic conditions, but not equally so for all kinds of less severe defects.

Personalised medicine and pharmacogenomics: even though this is not a technology that everyone knows about, since it is not commonly mentioned in everyday life, 91% of students were positive towards it, the highest score among the four technologies. The highest-rated statement was “*If I were diagnosed with cancer, I would consider having my genes analysed in order to help chose a cancer treatment with the fewest side effects*” (item 41), with about 98% of the respondents answering positively, 69% of them strongly agreeing with the statement. About 96% of the respondents considered having their genes analysed to help them make lifestyle choices and for decisions about interventions that may prevent diseases related to family history, such as diabetes (question 42). 85% disagreed or strongly disagreed that “*I would not be willing to get my whole genome analysed, because I worry about issues of confidentiality*” (item 43), and 84% disagreed or strongly disagreed that “*I am sceptical towards pharmacogenomics because of the possibility of getting information about my genes that is unrelated to the treatment*” (question 44). It means that the Brazilian young people investigated in this study were positive towards personalised medicine and pharmacogenomics and were not worried about the disclosed information and its confidentiality. In line with those answers, 93% of the young adults considered that the government should invest more money into the development of this technology (item 45).

Relationships between genetic technologies

There was also a moderate to strong positive correlation among the subcategories of attitudes (Table 3), as the correlations between all the subscales were above 0.3 (53). It means that people who are supportive of one technology tend to be supportive of other technologies. The strongest correlation was found between personalised medicine and pharmacogenomics and the other three technologies. Hence, people who support personalised medicine and pharmacogenomics are also inclined to support gene therapy, genetic tests, and prenatal genetic tests.

	Gene Therapy	Genetic Tests	Prenatal Genetic Tests
Genetic Tests	$\tau = 0.33$	-	
Prenatal Genetic Tests	$\tau = 0.355$	$\tau = 0.394$	-
Personalised medicine and pharmacogenomics	$\tau = 0.431$	$\tau = 0.419$	$\tau = 0.439$

Table 3: Kendall's correlations between subcategories of attitudes towards genetic technologies. (Elaborated by the author)

DISCUSSION

Positive attitudes towards genetic technologies

Our first research goal was to investigate whether the Brazilian young adults who participated in the study showed positive or negative attitudes towards new genetic technologies. We explored four applications of modern genetics and genomics: (i) gene therapy; (ii) genetic testing; (iii) prenatal genetic testing; and (iv) personalised medicine and pharmacogenomics.

Using the PUGGS questionnaire, we were able to ascertain that the respondents show a positive attitude towards all these genetic technologies (Figure 1) and, also, that being supportive of one technology was correlated to being supportive of other technologies. This positive attitude was also shown by their answers to the queries of whether they would consider using them, which were answered affirmatively by the vast majority of the young adults participating in the study (Q27 = 97,9%, Q31 = 92,7%, Q36 = 91,8%, Q41 = 97,9%, Q42 = 95,8%). This agrees with a global tendency to accept these technologies (see studies quoted in the section "Attitudes towards biotechnologies and genetic technologies"). The same was shown by the level of the respondents' agreement (93%) with the claim that the government should invest more money into their development.

We also observed that, for all technologies, statements related to health (those citing disorders or diseases) elicited a more positive attitude (Q27 = 97,9%, Q28 = 99,3%, Q31 = 92,7%, Q33 = 97,9%, Q36 = 91,8%, Q37 = 73%, Q39 = 67,9%, Q41 = 97,9%, Q42 = 95,8%), while items related to physical attributes, such as the one concerning athletic performance (Q29 = 16,4%), showed less support for the use of genetic technologies. The same has been observed in other studies. Several Europeans also accept and encourage the use of biotechnologies that offers medical benefits for diagnosis and disease treatments (12,54,55). This is also true in Australia (8) and Brazil (20). Similarly, British and Turkish teachers tended to agree more with the use of gene therapy to treat diseases, compared to its application to modify physical attributes (3,6).

The finding that the use of biotechnologies and genetic technologies tends to be seen as more acceptable in relation to health than in other domains is reported not only in studies focusing on their use in humans but also in relation to other species. More than half of German citizens over 16 years old rejected the use of GMO for modifying of the flavour or appearance of the food (55). Chen & Raffan (5) also observed that UK and Taiwan students are more supportive when genetic engineering is used in plants in relation to diseases and pest resistance than for enhancing plant growth.

Comparing the technologies

One of our research questions concerned possible differences in the attitudes towards the different technologies. We could see, however, that the respondents' answers were similar about all these technologies and, moreover, that there was a correlation between their support to them: young adults who were more favourable towards one technology tended to be also supportive of other technologies.

One issue that differs between technologies is the respondents' concern about data security, which was particularly high in the case of genetic tests: 58% of the respondents agreed or strongly agreed that it would be problematic if genetic tests could be accessed by insurance companies and future employers. In turn, with regard to personalised medicine and pharmacogenomics, they showed less

worry about issues of confidentiality (Q43 = 14,7%) or about the possibility of getting information about genes unrelated to the treatment (Q44 = 15,6%).

Such concerns have been reported in other studies. It was found, for instance, that British and Turkish citizens disagree with the idea that employers have the right to see genetic testing results and refuse that these tests be used by insurance companies (3,6). A worry concerning the use of such tests by health insurance companies (for instance, for tracing medical history in order to calculate the cost of a client's insurance premium) was also reported in studies investigating Brazilian and North-American students (10,20). Other studies showed that discrimination by health insurance companies and employers is an essential issue to people who must decide whether to do or not a genetic test (47).

IMPLICATIONS

Genetic technologies and their use are growing at a rapid pace. People hear at the news about these technologies and can decide to use them or not. Genetic tests are available to buy online, with accessible prices, and are easily requested by the consumers without medical indication. In particular, this can represent a dangerous combination to new generations who are used to buy online and can submit themselves to genetic tests in an uninformed way.

Young adults' opinion is important because the development of new genetic technologies may have a substantial impact on their future as citizens who should make decisions about their use by society and by themselves. Part of them is beginning their working life and, thus, needs to think about the consequences of the use of genetic information, especially by employers and health insurance companies, and be active citizens, claiming for laws and rules to regulate the use of genetic information.

In this study, we showed that Brazilian young adults show a positive perception about gene therapy, genetic testing, prenatal genetic testing, and personalised medicine and pharmacogenomics, are prone to use these technologies, and support the idea that the government should invest money to develop them.

Knowing about the young adults' opinions is relevant to several purposes: (i) to public healthcare management, for instance, in terms of the access to these technologies (both in diagnosis and treatment); (ii) to create laws about the privacy of genetic information and the use of genetic technologies; (iii) to researchers who develop such technologies to know the consequences of the accessibility of them; (iv) to companies that offer such technologies and should provide them with responsibility; and (v) to education and communication about genetics, either in the schools, colleges and universities or in the media, which should be done in a way that provide the public with grounds for critically appraising these technologies and their use, taking into account their risks and benefits, such that citizens can be empowered to do well-informed choices.

REFERENCES

1. Kampourakis K, Reydon TAC, Patrinos GP, Strasser BJ. Genetics and Society - Educating Scientifically Literate Citizens: Introduction to the Thematic Issue. *Science and Education*. 2013 October 29.
2. Bowling BV, Acra EE, Wang L, Myers MF, Dean GE, Markle GC, et al. Development and Evaluation of a Genetics Literacy Assessment Instrument for Undergraduates. *Genetics Education*. 2008: p. 15-22.
3. Cebesoy UB, Oztekin C. Genetics Literacy: Insights From Science Teachers' Knowledge, Attitude, and Teaching Perceptions. *Int J of Science and Math Education*. 2017 July 27.
4. Condit C. What is 'public opinion' about genetics? *Nature Reviews Genetics*. 2001 October: p. 811-815.
5. Chen SY, Raffan J. Biotechnology: student's knowledge and attitudes in the LJK and Taiwan. *Journal of Biological Education*. 1999: p. 17-23.
6. Sturgis P, Cooper H, Fife-Schaw C. Attitudes to biotechnology: estimating the opinions of a better-informed public. *New Genetics and Society*. 2005 April: p. 31-56.
7. Yunta ER, Herrera CV, Misseroni A, Milla LF, Outomuro D, Lemus IS, et al. Attitudes towards genomic. Research in four Latin American countries. *Electronic Journal of Biotechnology*. 2005: p. 238-248.
8. Eureka Strategic Research. COMMUNITY ATTITUDES TO BIOTECHNOLOGY REPORT ON OVERALL PERCEPTIONS OF BIOTECHNOLOGY AND GENERAL APPLICATIONS. ; 2007.
9. Sturgis P, Brunton-Smith I, Fife-Schaw C. Public attitudes to genomic science: an experiment in information provision. *Public Understanding of Science*. 2010: p. 166-180.

10. Haga SB, Barry WT, Mills R, Ginsburg GS, Svetkey L, Sullivan J, et al. Public knowledge of and attitudes toward genetics and genetic testing. *Genet Test Mol Biomarkers*. 2013: p. 327-335.
11. Chapman R, Likhanov M, Selita F, Zakharov I. Genetic Literacy And Attitudes Survey (Iglas): International Population-Wide Assessment Instrument. ICPE 2017 International Conference on Psychology and Education. 2017.
12. Gaskell G, Allum N, Bauer M, Durant J, Allansdottir A, Bonfadelli H, et al. Biotechnology and the European Public. *Nature Biotechnology*. 2000: p. 935-938.
13. Macer D, Ng MAC. Changing attitudes to biotechnology in Japan. *Nature Biotechnology*. 2000: p. 945-947.
14. Priest SH. US public opinion divided over biotechnology? *Nature Biotechnology*. 2000: p. 939-942.
15. Morris SH, Adley CC. Irish public perceptions and attitudes to modern biotechnology: an overview with a focus on GM foods. *Trends Biotechnol*. 2001: p. 43-48.
16. Brosig S, Bavorova M. Association of attitudes towards genetically modified food among young adults and their referent persons. *PLoS ONE*. 2019.
17. Oda LM, Soares BEC. Genetically modified foods: economic aspects and public acceptance in Brazil. *Trends in Biotechnology*. 2000: p. 188-190.
18. IBOPE. Pesquisa de Opinião Pública sobre Transgênicos. 2001.
19. IBOPE. Pesquisa de Opinião Pública sobre Transgênicos. 2003.
20. Massarani L, Moreira IdC. Attitudes towards genetics> a case study among Brazilian high school students. *Public Understanding of Science*. 2005: p. 201-212.

21. Castro BS, Young CEF, Lima R. A percepção pública de risco alimentar e os organismos geneticamente modificados no Brasil. *Estudos Sociedade e Agricultura*. 2014.
22. IBOPE. Estudo de percepção sobre transgênicos na produção de alimentos – 2016. ; 2016.
23. Ajzen I, Fishbein M. Attitudes and the Attitude-Behavior Relation: Reasoned and Automatic Processes. *European Review of Social Psychology*. 2000: p. 1-33.
24. Eagly AH, Chaiken S. *The psychology of attitudes*: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers.; 1993.
25. Petty RE, Wegener DT, Fabrigar LR. Attitudes and Attitude Change. *Annual Review of Psychology*. 1997: p. 609-647.
26. Reid N. Attitude Research in Science Education. In Khine MS. *Attitude Measurements in Science Education: Classic and Contemporary Approaches*. Charlotte: INFORMATION AGE PUBLISHING, INC.; 2015. p. 3-46.
27. Carver RB, Castéra J, Gericke N, Evangelista AM, El-Hani CN. Young Adults' Belief in Genetic Determinism, and Knowledge and Attitudes towards Modern Genetics and Genomics: The PUGGS Questionnaire. *PLoS One*. 2017.
28. Fazio RH. Multiple Process by which Attitudes guide Behavior: The Model as an Integrative Framework. In Zanna M. *Advances in Experimental Social Psychology*.: Academic Press; 1990. p. 75-109.
29. Nielsen LF, Møldrup C. Lay perspective on pharmacogenomics: a literature review. *Personalized Medicine*. 2006: p. 311-316.
30. Calsbeek H, Morren M, Bensing J, Rijken M. Knowledge and attitudes towards genetic testing: a two year follow-up study in patients with asthma,

diabetes mellitus and cardiovascular disease. *Journal of Genetic Counseling*. 2007: p. 493-504.

31. IBOPE. *Indicador de Letramento Científico*. São Paulo:; 2014.
32. Sjøberg S, Schreiner C. The ROSE project. An overview and key findings. [Online].; 2010 [cited 2019 September 17. Available from: <https://roseproject.no/network/countries/norway/eng/nor-Sjoberg-Schreiner-overview-2010.pdf>.
33. Gaskell G, Allum N, Stares S. *Europeans and Biotechnology in 2002*. ; 2003.
34. Hudson J, Orviska M. European attitudes to gene therapy and pharmacogenetics. *Drug Discovery Today*. 2011: p. 843-847.
35. Iredale R, Dolan G, McDonald K, Kirk M. Public attitudes to human gene therapy: a pilot study in Wales. *Community Genetics*. 2003: p. 139-146.
36. Critchley C, Nicol D, Otlowski M, Chalmers D. Public reaction to direct-to-consumer online genetic tests Comparing attitudes, trust and intentions across commercial and conventional providers. *Public Understanding of Science*. 2015: p. 731-750.
37. McGuire AL, Diaz M, Wang T, Hilsenbeck SG. Social Networkers' Attitudes Toward Direct-to-Consumer Personal Genome Testing. *Am J Bioeth*. 2009: p. 3-10.
38. Jonassaint C, Santos E, Glover C, Payne P, Fasaye GA, Oji-Njideka N, et al. Regional differences in awareness and attitudes regarding genetic testing for disease risk and ancestry. *Human Genetics*. 2010: p. 249-260.
39. Gilding M, Turney L. Public opinion on DNA paternity testing: the influence of the media. *People and Place*. 2006: p. 4-13.
40. Etchegary H, Cappelli M, Potter B, Vloet M, Graham I, Walker M, et al. Attitude and Knowledge about Genetics. *Public Health Genomics*. 2010: p. 80-88.

41. US Government Accountability Office. Direct-to-consumer genetic tests: Misleading test results are. ; 2010.
42. Tandy-Connor S, Guiltinan J, Krempely K, LaDuca H, Reineke P, Gutierrez S, et al. False-positive results released by direct-to-consumer genetic tests highlight the importance of clinical confirmation testing for appropriate patient care. *Genetics in Medicine*. 2018: p. 1515-1521.
43. Stanczyk FZ, Mandelbaum RS, Lobo RA. Potential pitfalls of reproductive direct-to-consumer testing. *F&S Reports*. 2022: p. 3-7.
44. Ng P, Murray S, Levy S, Venter C. An agenda for personalized medicine. *Nature*. 2009: p. 724-726.
45. Farrimond HR, Kelly SE. Public viewpoints on new non-invasive prenatal genetic tests. *Public Understanding of Science*. 2011: p. 730-744.
46. Almarsdóttir AB, Björnsdóttir I, Traulsen JM. A lay perception for tailor-made drugs - focus group reflections on pharmacogenomics. *Health Policy*. 2005: p. 233-241.
47. Allain DC, Friedman S, Senter L. Consumer awareness and attitudes about insurance discrimination post enactment of the Genetic Information Nondiscrimination Act. *Familial Cancer*. 2012: p. 637-644.
48. UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. [Online].; 2003 [cited 2019 September 17. Available from: http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=17720&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html.
49. BRASIL. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). [Online].; 2018. Available from: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113709.htm.
50. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Educação.. Rio de Janeiro.; 2018.

51. Watanabe M, Yamaguchi K. The EM algorithm and related statistical models: CRC Press; 2003.
52. Nunnally J. Psychometric theory. 2nd ed. New York: McGraw-Hill; 1978.
53. Cohen J. A Power Primer. Psychological Bulletin. 1992: p. 155-159.
54. Pardo R, Midden C, Miler J. Attitudes toward biotechnology in the European Union. Journal of Biotechnology. 2002;; p. 9-24.
55. Hampel J, Pfenning U, Peters HP. Attitudes towards genetic engineering. New Genetics and Society. 2000: p. 233-249.

Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Abordando a relação fenótipo-genótipo em uma sequência didática utilizando QSC sobre câncer de mama

1 Introdução

Durante muitos anos, parte da comunidade científica considerava que, conhecendo detalhadamente o material genético, saberíamos tudo sobre as características humanas. Essa visão simplista da relação genótipo-fenótipo começou a tomar outros rumos após o Projeto Genoma Humano. Este projeto teve papel importante no reconhecimento da complexidade do genoma e das relações entre genes e grande parte dos fenótipos. Parte da comunidade científica se dedica a entender como se dá essa relação, em especial no caso de características fenotípicas como doenças ou síndromes.

Conhecer os genes relacionados a uma certa característica pode ser um passo importante para a compreensão de seu desenvolvimento. Porém, devemos ter cuidado para não cair em visões simplistas e reducionistas ao considerar a relação genótipo-fenótipo, como aponta Venter:

A sequência [do DNA] é somente o primeiro nível de compreensão para entender o genoma. Todos os genes e seus elementos de controle devem ser identificados; suas funções, em conjunto e em isolamento, definidas; suas variações de sequência do mundo todo, descritas; e a relação entre variação genômica e características de um fenótipo específico, determinada. [...] Outro desafio nos aguarda: discussão pública dessa informação e seu potencial para melhoria da saúde das pessoas. [...] Há duas falácias a serem evitadas: o determinismo, a ideia de que todas as características da pessoa estão escritas no genoma e o reducionismo, a concepção de que, com o conhecimento completo da sequência do genoma humano, é só uma questão de tempo até nosso conhecimento acerca de funções gênicas e interações prover uma descrição causal completa da variabilidade humana. (VENTER, 2001, p.1348):

Venter deixa claro que devemos evitar promover a ideia do determinismo genético. Contudo, pesquisas apontam que livros didáticos, tanto do Ensino Superior quanto do Ensino Médio, tendem a silenciar visões não-deterministas sobre o papel dos genes nos sistemas biológicos, terminando por promover, assim, um pensamento determinista sobre o funcionamento dos genes (AIVELO; UITTO, 2015; DOUGHERTY, 2009; EVANGELISTA, 2016; GERICKE et al., 2014; PITOMBO; ALMEIDA; EL-HANI, 2008; REDFIELD, 2012; SANTOS; EL-HANI, 2009; SANTOS; JOAQUIM; EL-HANI, 2012).

Essa constatação é preocupante, dado o papel dos livros didáticos do Ensino Superior na formação de licenciandas, futuras professoras da Educação Básica. A maneira como os genes são abordados ao longo dessa formação diminui as possibilidades de que professoras se posicionem criticamente sobre seu papel nos sistemas vivos, especialmente por aproximar-se de uma visão simplista sobre a interação genótipo-fenótipo, que pode ser levada adiante na prática docente (EVANGELISTA, 2016).

No Ensino Médio, professoras frequentemente tomam decisões sobre o conteúdo a ser abordado em sala de aula baseadas no livro didático (NÚÑEZ, et al., 2003), e, em muitos casos, estes são a única fonte de informação disponível tanto para estudantes quanto para professoras (BALL; FEIMAN-NEMSER, 1988; BATISTA; CUNHA; CÂNDIDO, 2010; DELIZOICOV, ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002; GAYÁN; GARCÍA, 1997; HEYNEMAN, 2006; MEGID-NETO; FRACALANZA, 2003; NÚÑEZ et al., 2003; TEIXEIRA; VALE, 2001; XAVIER, FREIRE; MORAES, 2006). Pode estabelecer-se, então, uma sinergia entre visões deterministas que comparecem na formação de professoras e a presença dessas mesmas visões em livros didáticos utilizados por estas.

Tendo em vista que a maior parte das/dos estudantes do ensino médio no Brasil se submeteriam a testes genéticos (capítulo 1 dessa tese), e que a interpretação correta desses dados exige uma visão não determinista, trazemos nesse capítulo o desenvolvimento de uma sequência didática (SD) para ser aplicada para esse público de estudantes do ensino médio (e que, nesse caso, também pode ser aplicada em cursos de licenciatura ou na formação continuada de professoras de biologia ou ciências).

Essa SD visa abordar a relação genótipo-fenótipo de forma não-determinística, enfocando o caso do gene BRCA1, que, quando apresenta uma mutação, aumenta as chances de desenvolvimento do câncer de mama. Para tratar desse caso, utilizamos uma questão sociocientífica (QSC) baseada no caso da atriz Angelina Jolie, que se submeteu a uma dupla mastectomia em 2013, depois que um exame detectou a presença do alelo mutado do gene BRCA1. A SD foi construída numa perspectiva CTSA (ciência-tecnologia-sociedade-ambiente), e os objetivos são baseados nas dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA) do conteúdo (essas perspectivas e conceitos serão aprofundados ao longo deste capítulo).

1.1 Determinismo Genético

Mas, afinal, o que seria determinismo genético? Por trás da ideia do determinismo genético, está a noção de que existe uma correlação estreita entre a presença de um traço genético e a ocorrência de uma característica fenotípica, em uma relação de um para um (CARVER et al., 2017). Essa correlação deveria ser explicada, então, pelo fato de o primeiro causar esta última, necessariamente.

Contudo, correlação não implica necessariamente causalidade. Ou seja, pode não haver uma relação causal entre variáveis para as quais encontramos correlações. Matthews (2000) fornece um exemplo interessante: há uma forte correlação positiva entre o número de cegonhas e a taxa de nascimento de bebês em 17 países, ou seja, quanto mais cegonhas, mais bebês. Contudo, é evidente que não são as cegonhas que estão trazendo bebês. Este é apenas um caso de correlação, sem qualquer relação causal envolvida.

Interpretar correlações apropriadamente, compreendendo o que indicam ou não em termos de causalidade, é essencial para a tomada de decisões de maneira informada. Esta interpretação é muito importante, porque pode afetar diversas esferas da vida em sociedade. Barrowman (2014) cita diversos exemplos da importância de uma compreensão apropriada de correlações, como os entendimentos das consequências de ações, sejam nossas ou de outras pessoas, dos efeitos de intervenções governamentais na sociedade, dos impactos de novas tecnologias, das consequências do aquecimento global, da efetividade de medicamentos, dos danos ocasionados pelo uso de drogas e até mesmo a influência de filmes populares, entre vários outros assuntos.

Na pesquisa genética, um dos focos de interesse é a busca de correlações, a nível populacional, entre a variação genotípica e alguns traços fenotípicos – geralmente doenças –, bem como a estimativa da herdabilidade desses traços. Atualmente, esse interesse é perseguido, em especial, através de Estudos de Associação do Genoma Completo (GWAS, do inglês *Genome-Wide Association Studies*). Esses estudos sequenciam os genomas completos de pessoas que apresentam alguma característica e de pessoas que não a apresentam, realizando-se em seguida comparações entre as sequências genômicas. Essa comparação busca identificar áreas do genoma, ou até mesmo sequências curtas de nucleotídeos, que se

diferenciam entre as duas populações. Esses estudos tornam possível, assim, identificar correlações entre genótipo e fenótipo, que chegam à mídia muitas vezes interpretadas em termos de causalidade genética.

No entanto, os estudos de GWAS encontram correlações que não indicam necessariamente uma relação de causalidade. Muitas vezes, as regiões pesquisadas no DNA têm um papel no aparecimento do traço, mas não são causa suficiente para que ele apareça, ou seja, nem sempre possuir uma determinada sequência de nucleotídeos significa que certamente uma característica aparecerá ou uma doença se manifestará. Dessa maneira, encontrar tal correlação representa o começo de um processo de pesquisa sobre possíveis causas ou funções genéticas, não permitindo por si só chegar a conclusões bem fundamentadas a seu respeito (EL-HANI, 2016).

Como variáveis podem estar correlacionadas e não haver entre elas uma relação de causa e efeito? Uma das explicações é que a correlação pode ser um mero acaso, ou seja, pode ser uma coincidência que dois – ou mais – fatores estejam correlacionados, como no exemplo das cegonhas acima. Outra explicação é que as variáveis podem ter uma causa em comum, ou causa confundidora, sem que uma delas realmente cause a outra.

Uma interpretação que passa diretamente de uma correlação genótipo-fenótipo para uma interpretação de causalidade pode levar a uma crença no determinismo genético. Achar uma correlação entre uma modificação genética e uma doença, por exemplo, não significa que a pessoa ficará necessariamente doente. Isso acontece por que, além de razões estatísticas, temos razões biológicas a considerar, a exemplo dos fatos de que: (i) vários trechos do DNA podem estar envolvidos no desenvolvimento de um traço ou de uma doença, com cada um deles contribuindo um pouco para este desfecho; (ii) cada interação entre variantes de genes, única em cada indivíduo, pode gerar resultados fenotípicos diferentes, o que torna as origens de doenças ou traços heterogêneas; (iii) a interação entre genes e ambiente é crucial para formação de muitas características e cada indivíduo se desenvolve em ambientes singulares, que podem influenciar a expressão e função gênica de diferentes maneiras, seja por viver em regiões diferentes (por exemplo: lugares com incidência solar diferente ativam a melanina em graus diferentes, o que proporciona pigmentações da pele distintas), seja por ter hábitos de vida diferentes (por exemplo: praticar esportes e hábitos alimentares que influenciam no peso de cada pessoa). Assim, percebemos que há muitos fatores

que podem influenciar o surgimento de características ou de doenças. Conhecer o genoma é só uma das peças de um enorme quebra-cabeças envolvido no desenvolvimento de características (KAMPOURAKIS, 2017).

Diante da facilidade em assumir uma crença no determinismo genético a partir do estudo sobre o papel de DNA e genes nos sistemas vivos, é de suma importância que nos comprometamos com um ensino de genética que forme cidadãos informadas acerca desse papel, ou seja, que apresente à sociedade uma forma de pensar mais crítica a respeito da relação genótipo-fenótipo e que forme pessoas com um entendimento mais coerente do papel da genética em suas vidas. Isso pode melhorar a compreensão em relação à sua própria saúde, por exemplo, bem como seu posicionamento em relação a questões de impacto na sociedade, como a noção comum de que possuir um “gene” levará a pessoa a desenvolver uma característica ou uma doença (CONRAD, 2001; HUBBART; WALD, 1993; NELKIN; LINDEE, 1995). O determinismo genético pode ser compreendido como a atribuição “aos genes da formação dos traços humanos em um nível individual, entendendo-os como tendo um poder causal maior do que o consenso científico sugere” (GERICKE et al., 2017, p. 1224). O determinismo genético pode gerar, a partir disso, a crença de que os genes são responsáveis pelos traços fenotípicos e que todas as características dos indivíduos estariam escritas no genoma (VENTER et al., 2001);

1.2 Ensino Sobre as Relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA)

Uma forma de planejar o ensino sobre genes de modo que este não favoreça a crença no determinismo genético é tomar como ponto de partida uma perspectiva de educação sobre as relações ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTSA), que propiciam às estudantes uma aprendizagem sobre a ciência de forma crítica.

O movimento de educação sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS) começou nos anos 1960, na Europa e nos Estados Unidos da América, com a intenção de alterar a perspectiva tanto da própria comunidade científica quanto da sociedade acerca da conexão entre a pesquisa científica e tecnológica e diferentes aspectos da vida social. À época, ainda não se enfatizavam as relações também com o ambiente. Esse movimento buscou influenciar políticas públicas no campo da

educação, visando fomentar que cidadãos se aproximassem, ao longo de sua formação, de questões que envolvem ciência e tecnologia (VON LINSINGEN, 2007). Em decorrência da crise ambiental mundial, a dimensão ambiental foi incluída nesse movimento décadas depois de seu início, com o argumento de que o termo “sociedade” não exprimia por si só os aspectos ambientais nos quais está inserida (VILCHES; PÉREZ; PRAIA, 2011). Estes passaram, então, a ser reconhecidos explicitamente como um elemento na relação CTS (CONRADO; NUNES NETO, 2018). Dessa forma, passou-se a denominar este movimento CTSA, na medida em que se ocupa das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

O movimento CTSA busca promover um ensino que contextualize a ciência e a tecnologia (C&T) em relação aos aspectos da sociedade e do ambiente nos quais estão inseridas. Para isso, estimula que a C&T seja trabalhada dentro das situações cotidianas, de forma a aproximar esse conhecimento à realidade das estudantes, explicitar a relevância social da C&T, bem como suas consequências para a sociedade e ambiente, evidenciando, ainda, questões éticas e sociais que perpassam a produção da C&T (AULER; BAZZO, 2001). Assim, o ensino CTSA busca capacitar cidadãos a tomar decisões e agir de forma consciente, crítica e responsável frente a questões científicas e tecnológicas ou que envolvam compreensão a respeito de conhecimentos associados a C&T.

Nosso trabalho se alinha ao ensino CTSA porque visa contextualizar conhecimentos a respeito da ciência e tecnologia no campo da genética, para propiciar às estudantes competência para tomada de decisões em questões sociais relativas a esses conhecimentos. As estudantes são convidadas a pensar em como tomar uma decisão consciente sobre saúde a partir do conhecimento sobre genes, expressão gênica e tecnologias gênicas, levando em consideração aspectos sociais e éticos envolvidos nessa escolha.

Abordamos, por exemplo, a discrepância existente na disponibilização de contribuições da ciência e da tecnologia para fins de saúde na sociedade brasileira, considerando desigualdades entre pacientes dependentes do Sistema Único de Saúde (SUS) e aquelas que podem pagar por planos de saúde privados; levantamos o debate sobre a relação entre os seios e a feminilidade e sobre o respeito às decisões das mulheres que optam por diferentes modos de prevenção ao câncer de mama, de

acordo com perspectivas socioeconômica, psicológica, biológica, além de outros fatores pessoais que podem levar a essa tomada de decisão.

1.3 O Que São QSCs

As questões sociocientíficas (QSCs) são narrativas que propõem situações ou problemas controversos para que sejam solucionados, usando conhecimentos científicos e tecnológicos, por estudantes, dentro de uma perspectiva de ensino CTSA. Para que um caso seja considerado uma QSC, deve englobar os seguintes aspectos: (i) demandar o uso de conhecimentos acerca de ciências e tecnologias para a resolução do problema ou tomada de decisão proposta; (ii) ter caráter interdisciplinar, requerendo conhecimento de diversas áreas científica, bem como de campos como ética, história, filosofia; (iii) estar relacionada com experiências cotidianas das estudantes e/ou com temas que acessem através da mídia; (iv) envolver um dilema social e uma controvérsia de ordem moral, que levem as estudantes a discutir aspectos éticos e sociopolíticos; e (v) apresentar soluções abertas, com diversas estratégias de resolução ou tomada de decisão, sem que haja uma única resposta correta (CONRADO, 2017; RATCLIFFE; GRACE, 2003; SADLER, 2004; SADLER, 2011; SANTOS; SILVA; SILVA, 2018).

Apresentando temas relacionados ao cotidiano ou que são familiares às estudantes por sua presença na mídia, as QSCs permitem um maior engajamento. Devido à sua natureza interdisciplinar e controversa, elas estimulam as estudantes a lidar não somente com o conhecimento científico, mas também com compreensões acerca de outros conteúdos e questões éticas e morais, a fim de solucionar, de forma justificada, o caso proposto, desde suas perspectivas. Quanto maior a aproximação afetiva das estudantes com a narrativa apresentada, maior a potencial conscientização de que se é peça fundamental para promover mudanças em questões socioambientais relevantes para a sua vida (CONRADO; NUNES NETO, 2018).

A Tabela 1 apresenta uma síntese das habilidades que o uso de QSCs possibilita que sejam desenvolvidas pelas estudantes na educação científica formal.

Tabela 1 – Habilidades que podem ser desenvolvidas pelas estudantes na educação científica formal a partir das questões sociocientíficas.

Habilidade	Referências
Compreensão e reflexão crítica sobre as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, a partir da exploração de diferentes dimensões e perspectivas sobre um conteúdo científico.	(HODSON, 2013; SOLBLES, 2013).
Habilidades de busca, seleção, análise, discussão e avaliação de informações sobre um tema controverso, o que envolve a estudante em um processo investigativo e possibilita o desenvolvimento de habilidades argumentativas.	(REIS, 2014; KRSTOVIC, 2014; TORRES-MERCHÁN, 2011)
Capacidade de raciocínio moral para avaliar, julgar e se posicionar sobre uma situação, a partir da explicitação de valores e diferentes cursos de ação envolvidos.	(GUIMARÃES; CARVALHO; OLIVEIRA, 2010; REIS, 2013; TORRES-MERCHÁN, 2011; ZEIDLER et al., 2005)
Maior envolvimento e senso de responsabilidade acerca do desenvolvimento científico e tecnológico e de seus impactos sociais.	(LEVINSON, 2007; REIS, 2013; SANTOS, 2009)
Oportunidades para que realizem ações sociopolíticas e iniciativas de ativismo, o que pode conduzir a transformações de suas identidades enquanto pessoas, na direção de uma maior participação e responsabilidade socioambiental.	(BENCZE; ALSOP, 2009; HODSON, 2011; 2013; KRSTOVIC, 2014; REIS; NG-A-FOOK; GLITHERO, 2015)

Fonte: Adaptado de Conrado e Nunes-Neto (2018).

Na sequência didática “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo” (que será explicada em maior detalhe abaixo), nós utilizamos a grande repercussão do caso da dupla mastectomia, ou seja, da retirada das duas mamas, realizada pela atriz Angelina Jolie no ano de 2013, que ganhou destaque na mídia internacional e brasileira. A atriz divulgou, em um artigo no jornal *The New York Times* (JOLIE, 2013), que, devido à morte da sua mãe com câncer de mama, havia feito um exame que detectou a presença do alelo mutado do gene BRCA1 mutado. Ela havia optado, então, por fazer a dupla mastectomia como forma de prevenção ao câncer de mama, seguida da reconstrução com implantes mamários. Ela afirmava, ainda, que a chance de desenvolver o câncer teria sido reduzida de 87% para 5% e encorajou as mulheres com histórico de câncer de mama na família a procurarem especialistas e a não terem medo de passar por essa cirurgia (JOLIE, 2013).

A partir desse caso, criamos uma narrativa sobre a família de Sofia, uma menina que se interessa em ajudar a própria mãe a tomar decisões embasadas no conhecimento científico (Quadro 1). Com uma linguagem simples, a narrativa se aproxima de uma

situação que acontece no cotidiano das estudantes – estar assistindo TV em família num fim de tarde de um domingo – e conduz a um problema a ser trabalhado pelas estudantes: “Como podemos ajudar Sofia e sua família a terem uma opinião embasada sobre o caso?” Dessa maneira, buscamos atrair a atenção das alunas para o caso e inseri-las como atrizes na resolução do problema.

Quadro 1 – O caso de Sofia, parte da QSC que integra a sequência didática “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo”.

Domingo, Camila estava assistindo televisão com sua filha, Sofia, e sua sogra, Dona Ruth, tranquilamente. Dona Ruth é a única avó que Sofia conheceu, pois sua avó materna faleceu antes que ela completasse um ano. Camila conversava muito com sua mãe sobre o câncer de mama que acabou levando sua avó a falecer e sabe que várias outras pessoas da família tiveram essa doença.

No intervalo da programação de domingo, Camila diz: “Pretendo fazer uma dupla mastectomia”. Dona Ruth arregala os olhos apavorada, enquanto Sofia tenta entender a situação. Camila explica que quer fazer uma dupla mastectomia, o que significa retirar os dois seios, como fez a atriz Angelina Jolie. Camila descobriu em um teste genético que possui uma versão alterada do gene BRCA1, o mesmo da atriz. “Isso significa que tenho mais risco de desenvolver o câncer de mama.”

“De onde você tirou essa ideia de teste genético, em primeiro lugar?”, questiona Dona Ruth. Camila explica que leu sobre o caso da Angelina Jolie e decidiu procurar uma especialista para fazer o teste. Ela entendeu que o câncer de mama, no caso de sua família, poderia ser prevenido. No entanto, é sabido que a mastectomia reduz o risco de câncer de mama para menos de 5%, mas não elimina totalmente a possibilidade. “Hum, essas modernidades esquisitas... Como é que a gente vai confiar?!”, diz Dona Ruth. Em seguida, Sofia questiona: “Mãe, se você tirar a mama, então, você vai tirar o gene e vai ficar tudo bem, nunca desenvolverá o câncer de mama?”

Como podemos ajudar Sofia e sua família a terem uma opinião embasada sobre o caso?

Fonte: produzido pela autora.

Utilizamos questões norteadoras, que são perguntas diretas sobre o caso, para orientar a reflexão das estudantes, de modo a atingir os objetivos de aprendizagem da sequência didática e dirigir sua atenção para a natureza do problema. A expectativa

é que, com a ajuda dessas questões, elas acionem os conhecimentos necessários para a solução do caso, percebam a complexidade do problema, compreendam as questões éticas e morais envolvidas na situação, e entendam as relações entre o caso e contextos sociais relevantes, construindo posicionamentos próprios a respeito das questões pertinentes à mesma (CONRADO, 2017).

As questões norteadoras demandam que as estudantes acessem o conhecimento que possuem sobre câncer e genes, compreendam a diferença entre correlação e causalidade, e como se dá a relação entre genótipo e fenótipo no caso do câncer de mama, bem como entendam as implicações do fato de alguém apresentar o alelo mutado do gene BRCA1 para a probabilidade de desenvolver câncer de mama.

Mesclando o uso de questionamentos acerca das decisões envolvidas no caso, indagando qual seria a melhor saída diante de vários cenários para a mãe de Sofia, e de dados científicos, por exemplo sobre a probabilidade do desenvolvimento do câncer, trazemos, ainda, dilemas morais e éticos acerca de qual seria a melhor decisão para a mãe da Sofia, inserindo interrogações e considerações a este respeito, a exemplo do quão invasiva é uma cirurgia para retirada dos seios; da disponibilidade de outros métodos de prevenção ao desenvolvimento do câncer de mama; da desigualdade no acesso ao sistema de saúde; da feminilidade associada aos seios; e de diversos fatores que envolvem uma decisão a respeito de um tratamento, considerando que o peso desses fatores se dá de forma singular para cada mulher.

Dimensões Conceituais, Procedimentais e Atitudinais (CPA) dos Conteúdos

Ter em consideração as dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA) dos conteúdos possibilita uma abordagem do ensino e da aprendizagem que inclui explicitamente aspectos frequentemente ocultos no currículo escolar, relativos a procedimentos e atitudes, que são especialmente relevantes no ensino de ciências a partir de uma perspectiva CTSA (CONRADO, 2017). Neste trabalho, usaremos a definição e sistematização dessas dimensões propostas por Conrado (2017), inspiradas em diversas autoras que abordam o tema (CLÉMENT, 2006; COLL et al., 1992; VILLA; POBLETE, 2007; ZABALA, 1998; ZABALA; ARNAU, 2010).

A dimensão conceitual do conteúdo diz respeito a fatos, conceitos e princípios. Fatos são informações, acontecimentos, dados, eventos ou fenômenos a serem aprendidos.

Conceitos são termos científicos juntamente com seus significados, geralmente precisos, além de informações e dados que fazem parte do conhecimento das estudantes. Princípios são fundamentos que permitem explicações, previsões e descrições na ciência (CONRADO, 2017; CONRADO; NUNES NETO, 2018). A dimensão conceitual constitui a parte mais explícita e extensa dos currículos escolares.

A dimensão procedimental diz respeito ao campo metodológico, abrangendo técnicas, procedimentos e métodos. As técnicas são as atividades levadas a cabo para realizar procedimentos, que são as ações para alcançar um objetivo. Os métodos, por sua vez, correspondem a uma categoria mais ampla, que engloba tanto as técnicas quanto os procedimentos. Dessa forma, essa dimensão diz respeito às operações práticas que as estudantes devem executar para alcançar uma meta estabelecida, que pode ser a melhor compreensão dos conceitos, a reflexão ética, a resolução de um problema, uma tomada de decisão etc. (CONRADO, 2017; CONRADO; NUNES NETO, 2018).

Já a dimensão atitudinal tem como perspectiva trabalhar aspectos ético-políticos, envolvendo, assim, valores, normas e atitudes. De acordo com Conrado e Nunes-Neto (2018), os valores são critérios para julgamento moral baseado na ética, as normas são regras de comportamento estabelecidos pela coletividade e as atitudes são tendências de condutas dos sujeitos baseadas em normas e valores.

Na dimensão atitudinal, busca-se, portanto, estimular uma reflexão das estudantes acerca de ações individuais e coletivas, convocando critérios morais e éticos para uma tomada de decisão informada e crítica. Dessa forma, podem desenvolver uma capacidade crescente de se entenderem como sujeitas inseridas na sociedade e com participação ativa na forma como esta sociedade conduz suas decisões. A dimensão atitudinal também pode levar as estudantes a práticas de ativismo, por exemplo, a fim de conscientizar as comunidades às quais pertencem, estendendo o aprendizado escolar para fora do espaço da escola.

Esses objetivos auxiliam as professoras a entender o que se espera alcançar na aplicação da sequência didática, bem como apoia sua decisão sobre se essa sequência é adequada aos seus objetivos de ensino e à realidade do seu público discente.

2 Sequência Didática “Nossa Saúde Está Escrita Nos Nossos Genes? Desvendando a Diferença entre Correlação e Causalidade Através da Abordagem da Relação Fenótipo-Genótipo”.

A sequência didática (SD) foi elaborada pela autora desta tese e por Andréa Grieco, na época aluna de Iniciação Científica do curso de Ciências Biológicas da Universidade de São Paulo.

Cientes dos problemas que visões deterministas genéticas podem causar na sociedade e de como essa visão está presente em sala de aula, através dos livros didáticos (SANTOS; EL-HANI, 2009; EVANGELISTA, 2016) e das influências da mídia (CONRAD, 2001; HUBBART; WALD, 1993; NELKIN; LINDEE, 1995;), a ideia foi criar um instrumento que possibilitasse às professoras apresentar às suas alunas uma abordagem diferente, conscientizando-as de que a relação entre genótipo e fenótipo não se dá de forma simplista, mas envolve substancial complexidade, devido às interações entre o sistema genético e ambientes em diferentes níveis (do ambiente intracelular aos ambientes externos ao organismo), e preparando-as para lidar melhor com diferenças entre correlação e causalidade.

Comprometidas com a perspectiva de ensino CTSA, optamos por elaborar uma SD baseada em uma QSC sobre câncer. Por ter sido um caso amplamente divulgado pela mídia, inspiramos nosso caso em evento ocorrido com a atriz Angelina Jolie. Nossa SD foi construída para ser aplicada em 4 aulas, incluindo também atividades para serem resolvidas em casa pelas estudantes.

O público proposto para a SD é composto por alunas e alunos do Ensino Médio. Por essa razão, utilizamos uma linguagem acessível e incluímos uma leitura para recapitular alguns conceitos de Genética no começo da SD, o que pode ajudar a elucidar algumas ideias importantes que poderiam estar confusas para as estudantes, além de poder ser utilizada para uma rememoração para aqueles que estejam há mais tempo sem contato com a Genética. Entendemos, porém, que as aulas também podem ser aplicadas para estudantes de licenciatura em Biologia, Ciências Biológicas, Ciências Naturais, entre outros cursos.

Como pré-requisitos para o entendimento da sequência didática, temos: noções de Genética Básica: DNA, genes, alelos, hereditariedade, heredogramas, genótipo e fenótipo, mutação; noções de Biologia Celular: célula, ciclo celular, mitose, meiose,

tecido; noções matemáticas: operações básicas (soma, subtração, multiplicação, divisão), porcentagem, leitura de gráfico simples, conhecimentos básicos de teoria de conjuntos. Não são necessários conceitos avançados de Biologia Molecular. Por isso, sugerimos que a SD seja aplicada após conteúdos de Genética terem sido trabalhados.

2.1 Objetivos da SD

Conceituais: questionar de visões deterministas genéticas; reconhecer biologicamente o que é um câncer; explicar mais adequadamente a relação entre a presença de um alelo e os possíveis fenótipos associados a ela; compreender a relação entre alelo mutante do gene BRCA1 e o câncer de mama; entender o que é risco e predisposição do ponto de vista biológico; distinguir entre correlação e causalidade no domínio da Genética; refletir sobre a complexidade dos sistemas biológicos, entendendo, em particular, como genes e fenótipos se relacionam frequentemente de maneira complexa, devido às interações entre o sistema genéticos e ambientes em diferentes níveis hierárquicos; identificar fatores não-genéticos que influenciam a possibilidade de desenvolver câncer de mama; perceber o poder de informação que um teste genético pode oferecer, suas vantagens e desvantagens, e pensar criticamente sobre o que são os testes genéticos e a escolha de fazê-los ou não; conhecer quais são as opções para prevenção do câncer de mama e perceber que cada paciente pode se encaixar melhor em alternativas diferentes.

Procedimentais: ler e interpretar textos com atenção às informações principais; interpretar informações quantitativas apresentadas na forma de um gráfico; fazer cálculos simples para interpretação de dados; integrar dados para responder questões; discutir e elaborar argumentos e posicionamentos com base em conhecimentos recém adquiridos; interpretar heredogramas; reunir argumentos para tomar decisões baseadas na noção de risco, levando em conta múltiplos fatores de diversas naturezas (social, econômica, psicológica e biológica); reconhecer os contextos nos quais é recomendado fazer teste genético para saber se a pessoa é portadora de alelo mutante do gene BRCA1.

Atitudinais: assumir um posicionamento crítico ao determinismo genético, com consciência da complexidade das relações entre genes e fenótipos; trabalhar em

grupo de forma colaborativa, estabelecendo diálogo e desenvolvendo a capacidade de escuta dos seus pares; respeitar a opinião de colegas com diferentes pontos de vista, compreendendo a posição única de cada pessoa quando se vê em uma situação de tomada de decisão; desenvolver o pensamento crítico com relação aos fatores que podem influenciar ou não o desenvolvimento do câncer de mama; conscientizar-se de que o acesso à saúde não é igualitário para todas as pessoas na sociedade; desenvolver empatia com relação às pessoas que estão frente a uma tomada de decisão para prevenção de uma doença que é multifacetada em relação aos seus riscos; tomar consciência de que decisões individuais, em especial aquelas em relação ao corpo, são complexas, incorporam motivos pessoais e devem ser respeitadas e valorizadas; julgar e refletir sobre as opções de prevenção de câncer de mama à luz de um raciocínio sobre risco, levando em conta aspectos socioeconômicos, psicológicos e biológicos; sensibilizar-se a respeito do papel e do significado dos seios para a feminilidade; ser consciente de que o câncer de mama não é um problema apenas das mulheres, mas uma responsabilidade de toda a sociedade; ponderar que o acesso a mudanças no estilo de vida não acontece de forma igualitária para pessoas que estão em classes sociais distintas.

Na Tabela 2, sintetizamos os objetivos de aprendizagem da sequência didática em cada dimensão do conteúdo.

Tabela 2 – Objetivos conceituais, procedimentais e atitudinais da sequência didática “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo”.

Dimensão	Objetivos
Conceitual	C1: questionar visões deterministas genéticas;
	C2: compreender o que é um câncer em termos biológicos;
	C3: explicar a relação entre a presença de um alelo e os possíveis fenótipos associados a ela de uma maneira não-determinista;
	C4: compreender a relação entre alelo mutante do gene BRCA1 e o câncer de mama;
	C5: entender o que são risco e predisposição do ponto de vista biológico;
	C6: distinguir entre correlação e causalidade no domínio da genética;
	C7: compreender a natureza complexa dos sistemas biológicos, em particular, como genes e fenótipos se relacionam frequentemente de maneira complexa;
	C8: identificar fatores não-genéticos que influenciam a possibilidade de desenvolver câncer de mama;
	C9: perceber o poder de informação que um teste genético pode oferecer, suas vantagens e desvantagens, e pensar criticamente sobre o que são os testes genéticos, a escolha de fazê-los ou não, e o modo como devem ser interpretados;
	C10: conhecer quais são as opções para prevenção do câncer de mama e perceber que cada paciente pode escolher e ajustar-se melhor em alternativas diferentes.
Procedimental	P1: ler e interpretar textos com atenção às informações principais;
	P2: interpretar informações quantitativas apresentadas na forma de um gráfico;
	P3: fazer cálculos simples para interpretação de dados;

	P4: integrar dados para responder questões;
	P5: discutir e elaborar argumentos e posicionamentos com base em conhecimentos recém-adquiridos;
	P6: interpretar heredogramas;
	P7: reunir argumentos para tomar decisões baseadas na noção de risco, levando em conta múltiplos fatores de diversas naturezas (social, econômica, psicológica e biológica) que constituem predisposições a uma condição como o câncer de mama;
	P8: reconhecer os contextos nos quais é recomendado fazer teste genético para saber se a pessoa é portadora de alelo mutante do gene BRCA1.
Atitudinal	A1: assumir um posicionamento crítico ao determinismo genético, a partir do entendimento da complexidade das relações entre genes e fenótipos;
	A2: trabalhar em grupo de forma colaborativa, estabelecendo diálogo e desenvolvendo a capacidade de escuta dos seus pares;
	A3: respeitar a opinião de colegas com diferentes pontos de vista, compreendendo a posição única de cada pessoa quando se vê em uma situação de tomada de decisão;
	A4: desenvolver o pensamento crítico com relação aos fatores que podem influenciar ou não o desenvolvimento do câncer de mama;
	A5: conscientizar-se de que o acesso à saúde não é igualitário para todas as pessoas na sociedade;
	A6: desenvolver empatia com relação às pessoas que estão frente a uma tomada de decisão para prevenção de uma doença que é multifacetada em relação aos seus riscos;
	A7: tomar consciência de que decisões individuais, em especial aquelas em relação ao corpo, são complexas, incorporam motivos pessoais e devem ser respeitadas e valorizadas;
	A8: julgar e refletir sobre as opções de prevenção de câncer de mama à luz de um raciocínio sobre risco e predisposição, levando em conta aspectos socioeconômicos, psicológicos e biológicos;
	A9: sensibilizar-se a respeito do papel e do significado dos seios para a feminilidade;
	A10: ser consciente de que o câncer de mama não é um problema apenas das mulheres, mas uma responsabilidade de toda a sociedade;
	A11: ponderar que o acesso a mudanças no estilo de vida não acontece de forma igualitária para pessoas que estão em classes sociais distintas.

Fonte: elaborado pela autora.

2.2 Aulas 1 e 2: apresentando o caso de Sofia.¹

Ações: Momento 1: a professora distribuirá o caso de Sofia, com os textos de introdução². Inicialmente, faz-se uma leitura do caso de Sofia em voz alta com a turma.

Momento 2: após a leitura do caso, a professora orienta as alunas a lerem os textos introdutórios (de acordo com a turma, a professora escolherá se a leitura será individual ou em grupo).

¹ O Anexo 2 apresenta o manual didático, com todas as aulas descritas, com sugestões de como trabalhar o tema em sala de aula, sugestões de atividades extra e textos complementares, visando ajudar a professora a embasar melhor os conhecimentos necessários ao longo da SD, bem como a tirar dúvidas que possam surgir.

Momento 3: a professora orienta alunas e alunos a fazer as atividades propostas. Sugerimos que sejam realizadas em grupos de 4 a 5 estudantes, porém, a professora escolherá de acordo com a sua turma.

Momento 4: a professora atuará orientando as alunas e tirando eventuais dúvidas durante a atividade. Ao final, a professora corrigirá as respostas com as estudantes.

Objetivos: engajar as alunas no assunto a ser tratado; retomar conceitos básicos para evitar equívocos comuns na aprendizagem de genética; discutir as relações entre alelo mutante do gene BRCA1 e câncer de mama; apresentar a noção de risco genético.

Objetivos de aprendizagem:

Conceituais:

- C1 Questionar visões *deterministas genéticas*;
- C2 Reconhecer biologicamente o que é um câncer;
- C3 Explicar mais adequadamente a relação entre a presença de um alelo e os possíveis fenótipos associados;
- C4 Compreender a relação entre o alelo do gene BRCA1 e o câncer de mama;
- C5 Entender o que é risco e predisposição do ponto de vista biológico;
- C6 Distinguir a relação entre correlação e causalidade no domínio da genética;
- C7 Refletir sobre a complexidade dos sistemas biológicos, entendendo como genes e fenótipos se relacionam frequentemente de maneira complexa.

Procedimentais:

- P1 Ler e interpretar textos com atenção às informações principais;
- P2 Interpretar informações quantitativas apresentadas na forma de um gráfico;
- P3 Fazer cálculos simples para interpretação de dados;
- P4 Integrar dados para responder questões.

Atitudinais:

- A1 Assumir um posicionamento crítico ao determinismo genético, com consciência da complexidade das relações entre genes e fenótipos;
- A2 Trabalhar em grupo de forma colaborativa, estabelecendo diálogo e desenvolvendo a capacidade de escuta dos seus pares.

O caso de Sofia: Domingo, Camila estava assistindo televisão com sua filha, Sofia, e sua sogra, Dona Ruth, tranquilamente. Dona Ruth é a única avó que Sofia conheceu,

pois, sua avó materna faleceu antes que ela completasse um ano. Camila conversava muito com sua mãe sobre o câncer de mama que acabou levando sua avó a falecer e sabe que várias outras pessoas da família tiveram essa doença.

No intervalo da programação de domingo, Camila diz: “Pretendo fazer uma dupla mastectomia”. Dona Ruth arregala os olhos apavorada, enquanto Sofia tenta entender a situação. Camila explica que quer fazer uma dupla mastectomia, que significa retirar os dois seios, como fez a atriz Angelina Jolie. Camila descobriu em um teste genético que possui uma versão alterada do alelo do gene BRCA1, a mesma da atriz. “Isso significa que tenho mais risco de desenvolver o câncer de mama.”

“De onde você tirou essa ideia de teste genético, em primeiro lugar?”, questiona Dona Ruth. Camila explica que leu³ sobre o caso da Angelina Jolie e decidiu procurar uma especialista para fazer o teste. Ela entendeu que o câncer de mama, no caso de sua família, poderia ser prevenido. No entanto, é sabido que a mastectomia reduz o risco de câncer de mama para menos de 5%, mas não elimina totalmente a possibilidade. “Hum, essas modernidades esquisitas... Como é que a gente vai confiar?!”, diz Dona Ruth. Em seguida, Sofia questiona: “Mãe, se você tirar a mama, então, você vai tirar o gene e vai ficar tudo bem, nunca desenvolverá o câncer de mama?”

Como podemos ajudar Sofia e sua família a terem uma opinião embasada sobre o caso?

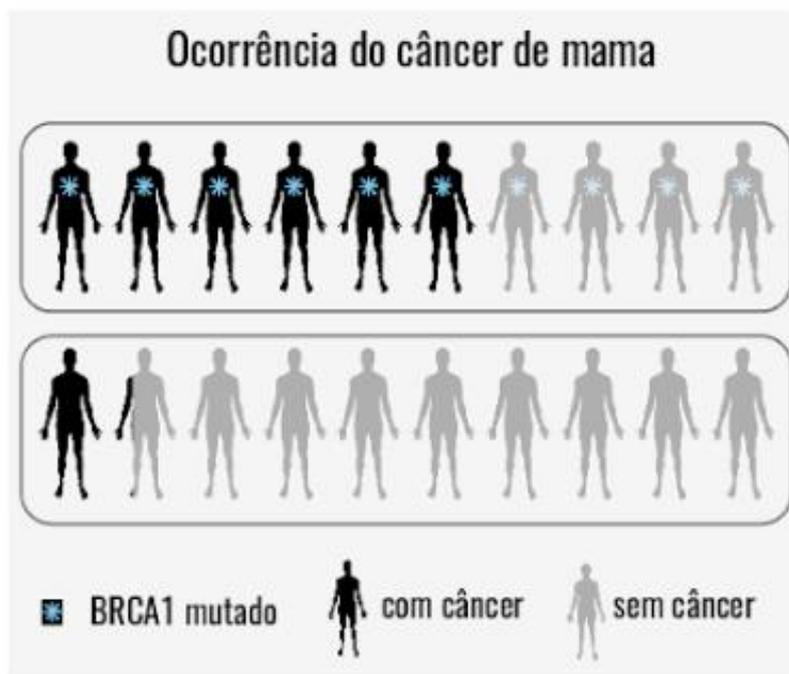
Atividade proposta: a atividade propõe uma investigação da relação entre uma mutação no gene BRCA1 e o câncer de mama.

Vamos compreender o problema por partes. Será que ter um alelo mutante do gene BRCA1 significa que Camila vai desenvolver câncer de mama? Para isso, vamos investigar a relação entre as variáveis “ter câncer de mama” e “ter um alelo mutante do gene BRCA1”.

A imagem a seguir representa as proporções de pessoas que, em estudos anteriores, desenvolveram câncer de mama em dois casos: entre aquelas que possuíam a mutação no gene BRCA1 e entre aquelas que não a possuíam. É importante notar que a presença da mutação ocorre pouco na população em geral: há 1 entre 500 casos.

³ Fonte para o texto sobre o caso da Angelina Jolie: <http://saude.estadao.com.br/noticias/geral,leia-na-integra-o-depoimento-de-angelina-jolie-sobre-a-mastectomia,1031805>. Acesso em 27 nov de 2022.

Figura 1 – Esquema ilustrando a proporção do câncer de mama em pessoas do sexo feminino que possuem (primeiro quadro) ou não (segundo quadro) um alelo mutante do gene BRCA1.

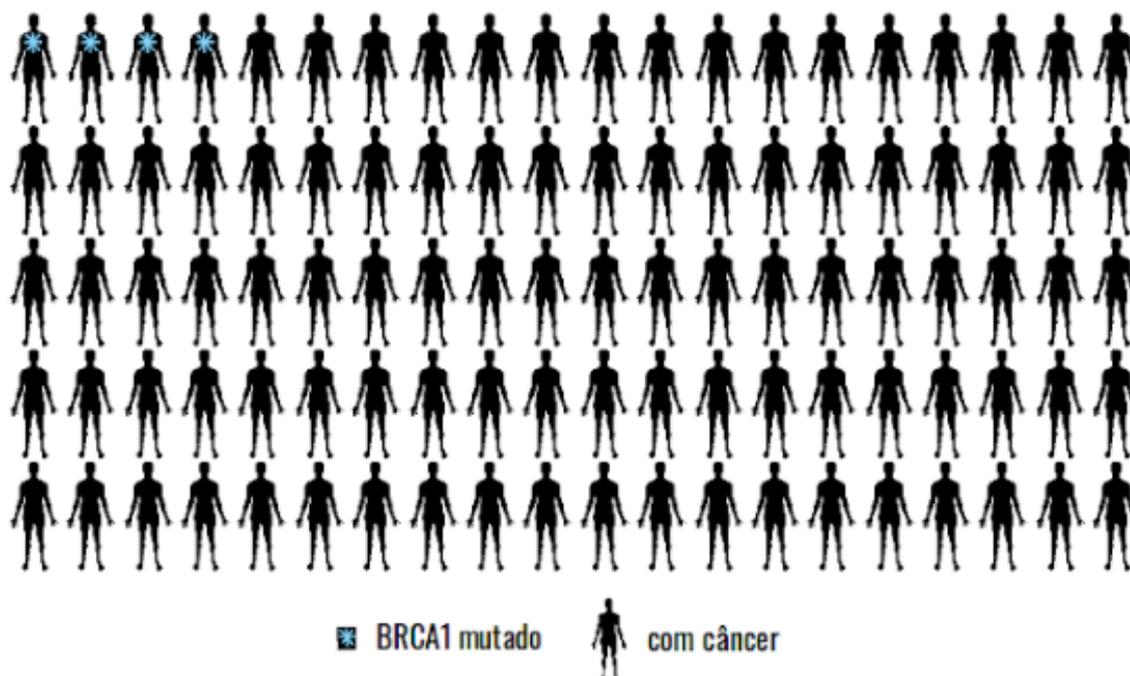


Fonte: elaborado pelas autoras. Dados obtidos de: <https://www.cancer.gov/news-events/cancer-currents-blog/2016/brca-testing-breast-cancer>, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-0004.2012.01859.x/full>. Silhueta humana produzida por: Theriot, J.E.

É importante, também, nos perguntarmos, dentre as mulheres com câncer, qual a proporção que possui a mutação no gene BRCA1. A imagem a seguir ilustra essa situação.

Figura 2 – Proporção de pessoas com um alelo mutante do gene BRCA1 em pessoas do sexo feminino com câncer de mama.

Ocorrência do alelo mutante no gene BRCA1 em mulheres com câncer de mama



Fonte: elaborado pelas autoras. Dados obtidos de: <https://www.cancer.gov/news-events/cancer-currents-blog/2016/brca-testing-breast-cancer>, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-0004.2012.01859.x/full>. Silhueta humana produzida por: Theriot, J.E.

Questões propostas:

1. A presença do alelo mutante do gene BRCA1 garante que a pessoa terá câncer de mama? Explique com base na informação contida nas figuras.
2. A ausência do alelo mutante do gene BRCA1 garante que a pessoa não terá câncer de mama? Explique com base na informação contida nas figuras.
3. Dentre as pessoas com mutação no gene BRCA1, qual é a porcentagem que desenvolve câncer de mama?
4. Dentre as pessoas com câncer de mama, qual é a porcentagem que possui o alelo mutante do BRCA1?
5. Como você pôde perceber, dentre as pessoas com câncer de mama, poucas têm o alelo mutante do BRCA1. Mas, dentre as pessoas com a mutação, muitas desenvolvem o câncer de mama. Pensando nisso, perguntamos: será que a presença da mutação nos diz algo útil? Qual é a informação que ela carrega sobre

o risco do desenvolvimento do câncer de mama para as pessoas que a possuem? Explique.

6. Dentre as pessoas sem o alelo mutante do BRCA1, qual é a porcentagem aproximada que desenvolve câncer de mama?
7. Camila poderia não ter câncer de mama? Justifique com elementos da figura.
8. Poucas pessoas com o câncer possuem o alelo mutante do gene BRCA1 mutado e algumas pessoas sem o alelo mutado acabam desenvolvendo câncer de mama. Às vezes, pode parecer que os genes controlam tudo na nossa vida, mas as coisas não são bem assim, como podemos ver nesse caso do câncer de mama. Nosso organismo é bastante complexo! Como explicar os casos de pessoas sem a mutação e com câncer de mama?
9. “Tirando a mama então você vai tirar o gene e vai ficar tudo bem?” Usando seus conhecimentos de genética, ajude Sofia a entender por que seu raciocínio não faz sentido biologicamente. Se necessário, releia o texto e as suas respostas às perguntas anteriores.

Ao final da atividade, a professora deve conversar com as alunas sobre as questões, respondendo as dúvidas que surgirem e salientando os pontos que achar mais interessantes.

2.3 Aula 3: Jogo Adivinha só!

Ações: Momento 1: As alunas devem se dividir em grupos.

Momento 2: Com as cartas do jogo na mão (figura 3), a professora sorteia cada tópico, pedindo para que cada grupo se posicione com relação à influência de cada fator para o desenvolvimento ou não desenvolvimento do câncer de mama. A professora também pode imprimir as cartas e distribuir para os grupos e deixar que eles realizem a atividade sozinhos. Por exemplo: na carta “Amamentar”, cada grupo deve discutir e escrever na tabela se acha que há influência da amamentação no desenvolvimento do câncer de mama e se esta influência se daria de modo a aumentar ou diminuir as chances de desenvolver o câncer de mama, ou se acha que não há influência do fator. Os grupos devem traçar argumentos que apresentem seu raciocínio e, assim, justifiquem seus juízos sobre cada fator.

Momento 3: Ao final, a professora pergunta o que eles concluíram sobre cada fator, discute o raciocínio e a justificativa de cada grupo, apresenta a posição da Sociedade Norte-Americana do Câncer⁴, baseada em estudos científicos, e discute opiniões e argumentos com as alunas após os dados científicos apresentados. Como são muitas coisas a discutir, a professora pode priorizar o que achar mais interessante para a turma, de acordo com as discussões levantadas pelas estudantes ou agrupar os fatores em grupos.

Momento 4: distribuir atividade para ser feita em casa.

Objetivos: Estimular o pensamento crítico sobre a possibilidade de fatores ambientais influenciarem ou não no risco de desenvolver câncer de mama; mostrar que existem fatores ambientais, além dos genéticos, atuando em nossa saúde.

Objetivos de aprendizagem:

Conceituais:

- C1 Questionar visões deterministas genéticas;
- C5 Entender o que é risco e predisposição do ponto de vista biológico;
- C6 Distinguir a relação entre correlação e causalidade no domínio da genética;
- C7 Refletir sobre a complexidade dos sistemas biológicos, entendendo como genes e fenótipos se relacionam frequentemente de maneira complexa;
- C8 Identificar fatores não-genéticos que influenciam na possibilidade de desenvolver câncer de mama.

Procedimentais:

- P5 Discutir e elaborar argumentos e posicionamentos com base em conhecimentos recém-adquiridos.

Atitudinais:

- A1 Assumir um posicionamento crítico ao determinismo genético, com consciência da complexidade das relações entre genes e fenótipos;
- A2 Trabalhar em grupo de forma colaborativa, estabelecendo diálogo e desenvolvendo a capacidade de escuta dos seus pares;

⁴ Mais instruções e a posição da Sociedade Norte-Americana do câncer encontram-se no manual didático, no Anexo 2.

- A4 Desenvolver o pensamento crítico com relação aos fatores que podem influenciar ou não o desenvolvimento do câncer de mama.

Cartas:

Figura 3 – cartas do jogo Adivinha só!

Ter mais de 55 anos	Número de gravidezes	Idade da primeira gestação	Ser fumante	Alimentação saudável	Trabalhar durante a noite
Ter pelo menos uma gestação	Amamentar	Possuir tecido mamário denso	Usar desodorante	Colocar prótese de silicone nos seios	Usar suplementos de vitaminas
Primeira menstruação antes de 12 anos	Menopausa depois dos 55 anos	Histórico familiar de câncer de mama	Usar sutiã sempre	Nascer de cesariana	Nascer de parto normal
Já ter tido um câncer de mama antes	Uso de contraceptivos hormonais	Exposição à radiação	Estar constantemente com gripe	Uso de produtos químicos no cabelo	Levar soco nos seios
Ingestão abusiva de álcool	Etnia: caucasianos, asiáticos, afrodescendentes, hispânicos, indígenas	Sedentarismo	Ter relações sexuais com muita frequência	Usar contraceptivos de barreira. Ex.: camisinha	Formato do mamilo
Obesidade			Fazer tatuagem ou piercing nos mamilos		

Fonte: elaborado pelas autoras.

2.4 Aula 4: Tomada de decisão.

Ações: Momento 1: a professora lê em voz alta cada questão da atividade feita em casa e discute com as alunas as respostas que elas deram a cada uma delas, estimulando o debate saudável de opiniões divergentes e a argumentação.

Momento 2: as estudantes são apresentadas ao heredrograma (figura 4) que Sofia e Camila fizeram para ajudar a pensar sobre a decisão de fazer ou não a dupla mastectomia.

Objetivos: promover a reflexão sobre desigualdade de oportunidades em relação aos cuidados com a saúde e estimular a escuta e a troca de opiniões individuais entre as estudantes.

Objetivos de aprendizagem:

Conceituais:

- C1 Questionar visões deterministas genéticas;

- C4 Compreender a relação entre o alelo mutado do gene BRCA1 e o câncer de mama;
- C5 Entender o que é risco e predisposição do ponto de vista biológico;
- C6 Distinguir a relação entre correlação e causalidade no domínio da genética;
- C7 Refletir sobre a complexidade dos sistemas biológicos, entendendo como genes e fenótipos se relacionam frequentemente de maneira complexa;
- C9 Perceber o poder da informação que um teste genético pode oferecer, suas vantagens e desvantagens, e pensar criticamente sobre o que são os testes genéticos e a escolha de fazê-los ou não;
- C10 Conhecer quais são as opções para prevenção do câncer de mama e perceber que cada paciente pode se encaixar melhor em alternativas diferentes.

Procedimentais:

- P1 Ler e interpretar textos com atenção às informações principais;
- P4 Integrar dados para responder questões;
- P5 Discutir e elaborar argumentos e posicionamentos com base em conhecimentos recém-adquiridos;
- P6 Interpretar heredogramas;
- P7 Reunir argumentos para tomar decisões baseadas na noção de risco, levando em conta múltiplos fatores de diversas naturezas (social, econômica, psicológica e biológica);
- P8 Reconhecer os contextos nos quais é recomendado fazer teste genético para saber se a pessoa é portadora de alelo mutante do gene BRCA1.

Atitudinais:

- A1 Assumir um posicionamento crítico ao determinismo genético, com consciência da complexidade das relações entre genes e fenótipos;
- A3 Respeitar a opinião de colegas com diferentes pontos de vista, compreendendo a posição única de cada pessoa quando se vê em uma situação de tomada de decisão;
- A4 Desenvolver o pensamento crítico com relação aos fatores que poderiam influenciar ou não no desenvolvimento do câncer de mama;

- A5 Conscientizar-se de que o acesso à saúde não é igual para todas as pessoas na sociedade;
- A6 Desenvolver empatia com relação às pessoas que estão frente a uma tomada de decisão para prevenção de uma doença que é multifacetada em relação aos seus riscos;
- A7 Tomar consciência de que decisões individuais, em especial aquelas em relação ao corpo, são complexas, incorporam motivos pessoais e devem ser respeitadas e valorizadas;
- A8 Julgar e refletir sobre as opções de prevenção de câncer de mama à luz de um raciocínio sobre risco, levando em conta aspectos socioeconômicos, psicológicos e biológicos;
- A9 Sensibilizar-se a respeito do papel e do significado dos seios para a feminilidade;
- A10 Ser consciente de que o câncer de mama não é um problema apenas das mulheres, mas uma responsabilidade de toda a sociedade;
- A11 Ponderar que o acesso a mudanças no estilo de vida não acontece de forma igualitária para pessoas que estão em classes sociais distintas.

Atividade de reflexão: A decisão tomada por Angelina Jolie envolve usar o resultado de um teste genético e informações sobre outros fatores que influenciam no risco de desenvolver câncer de mama para tomar uma decisão importante e difícil, visando a prevenção do câncer de mama. Como Camila estava nessa mesma situação, Sofia decidiu perguntar a ela se havia considerado de fato todas as alternativas. Então, Camila lhe mostrou tudo o que havia pesquisado, a fim de deixar sua filha tranquila. De início, ela tinha que decidir se faria ou não o teste genético para saber se tinha uma mutação no gene BRCA1.

Primeiro, convém saber em que contexto é recomendado fazer um teste genético. Camila procurou em alguns sites e compilou os seus achados. Se um indivíduo se situa em pelo menos um desses contextos, é indicado que faça um teste genético.

Tabela 3 – Contextos nos quais são recomendados fazer testes genéticos no caso do câncer de mama.

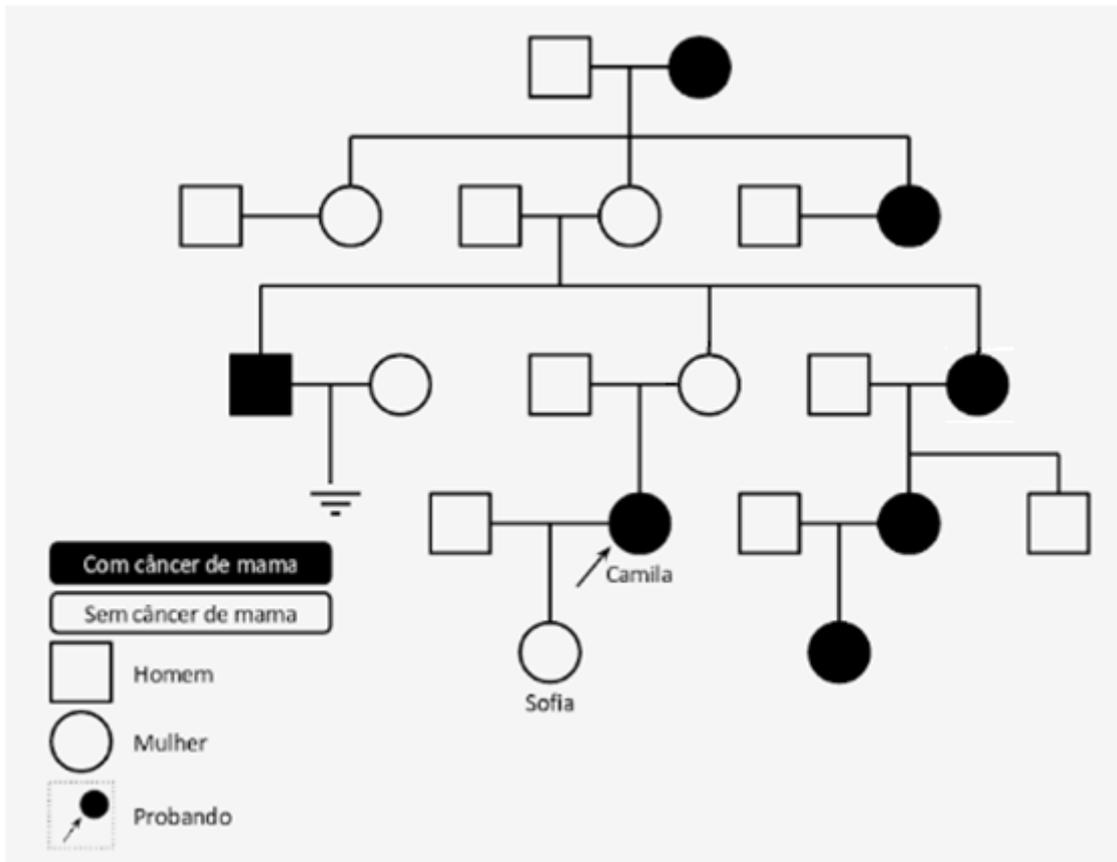
Homens ⁵	Mulheres
Você tem 2 ou mais parentes de até segundo grau que já tiveram câncer de mama (1º grau: pai ou mãe, filhas ou filhos, irmãs e irmãos; 2º grau: avós ou avôs, netas ou netos, tias ou tios, sobrinhos ou sobrinhas, meio-irmãos ou meia-irmãs),	Você tem 2 ou mais parentes de até segundo grau que já tiveram câncer de mama (1º grau: pai ou mãe, filhas ou filhos, irmãs e irmãos; 2º grau: avós ou avôs, netas ou netos, tias ou tios, sobrinhos ou sobrinhas, meio-irmãos ou meia-irmãs),
Você tem parentes de até segundo grau com mutações nos genes BRCA1 ou BRCA2.	Você tem parentes de até segundo grau com mutações nos genes BRCA1 ou BRCA2.
Você teve câncer de mama.	Você já teve câncer de mama e/ou ovário E tem mais casos na família em parentes de até segundo grau (1º grau: pai ou mãe, filhas ou filhos, irmãs e irmãos; 2º grau: avós ou avôs, netas ou netos, tias ou tios, sobrinhos ou sobrinhas, meio-irmãos ou meia-irmãs).
	Você teve câncer de mama e ovário ou câncer de mama bilateral em qualquer idade.
	Você teve câncer de mama ou de ovário antes da menopausa.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de <https://www.fleury.com.br/medico/artigos-cientificos/rastreamento-de-cancer-de-mama>

Camila fez então o heredograma de sua família, com base em memórias de família. O probando é a pessoa sendo investigada através do heredograma.

⁵ Esses critérios foram compilados com base em: <https://www.fleury.com.br/medico/artigos-cientificos/rastreamento-de-cancer-de-mama> Acesso em 27 nov 2022.

Figura 3: Heredograma da família da Camila da da sequência didática “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo”.



Fonte: Elaborado pela autora

Camila percebeu, então, que se encaixava em uma das categorias em que seria recomendado fazer o teste genético. Qual?

Camila optou por fazer o teste genético depois de considerar muitos aspectos da sua vida. Como você já sabe, o teste genético deu resultado positivo para uma mutação no gene BRCA1. E agora, o que fazer?

Como você já pôde perceber, não é simples interpretar o que significa ter uma mutação nesse gene. Existem algumas opções de prevenção ao câncer de mama, uma vez que se tem esse resultado genético. Elas lidam com o que aprendemos: existe o risco de desenvolver o câncer de mama e o risco de não desenvolver, mesmo com a mutação.

1. Camila tem um plano de saúde que cobre as consultas médicas frequentes e exames periódicos, a cirurgia preventiva para a remoção do tecido mamário, dos ovários e tubas uterinas e a prótese de reconstrução das mamas. Mas é inviável Camila alterar seu estilo de vida pois depende financeiramente de seu trabalho, que é altamente estressante e não deixa tempo de sobra para praticar atividades físicas. Nesse caso, que decisão você julga mais sensata?
2. Camila tem um plano de saúde que cobre consultas médicas frequentes e exames periódicos, a cirurgia preventiva para a remoção do tecido mamário, dos ovários e tubas uterinas, mas não a prótese de reconstrução das mamas. No entanto, Camila pode alterar seu estilo de vida. Nesse caso, ela teria que pensar muito sobre sua auto-estima e o papel físico e psicológico dos seios em sua vida, pois ficaria sem eles até que conseguisse o procedimento de reconstrução das mamas pelo SUS, o que pode demorar anos. Que decisão você julga mais sensata?
3. Camila tem um plano de saúde que cobre consultas médicas frequentes e exames periódicos, mas só cobre a cirurgia e a prótese em caso do aparecimento do câncer, impossibilitando Camila de fazer essa cirurgia de modo preventivo. Levando em consideração que Camila se disponibilizaria a mudar seu estilo de vida, que decisão você julga mais sensata?
4. O SUS não cobre a cirurgia preventiva e Camila não consegue mudar seu estilo de vida, pois tem uma vida muito corrida e depende do trabalho para sustentar financeiramente a família; então, não consegue tempo para cozinhar, fazer academia ou introduzir atividades relaxantes em sua rotina. Se ela depender exclusivamente do SUS e, na sua cidade for relativamente fácil e rápido marcar consultas e exames, que decisão você julga mais sensata?
5. O SUS não cobre a cirurgia preventiva e Camila ainda não entende a importância de mudanças no estilo de vida. Se Camila depender exclusivamente do SUS e na sua região a marcação de médicos e exames fosse difícil, que decisão você julga mais sensata?

Você já parou para pensar que seios são uma parte bastante delicada e importante para a maioria das mulheres? Para uma parte grande das mulheres, representam sua feminilidade. A retirada ou não das mamas é uma decisão que envolve grande complexidade psicológica e, portanto, seu significado é individual e único e deve ser

respeitado. Como você vê a questão dos seios femininos para pessoas lidando com o risco de uma doença como o câncer de mama?

Quais outros fatores você acha que seriam importantes na decisão da Camila?

Como você pôde perceber, não é trivial lidar com dados genéticos, pois a maioria deles não nos dá certeza sobre o que vai acontecer com o fenótipo, exceto para algumas síndromes genéticas, como, por exemplo, a *síndrome de Klinefelter* ou *XXY*, que produz homens com menos pelos, menos testosterona, menos massa muscular e mamas maiores do que a média.

Precisamos evitar ter visões tão deterministas quanto aquela expressa na frase “acharam o gene para tal doença”, como se fala, por exemplo, no caso do diabetes e mesmo para características mentais, como a esquizofrenia. Talvez esse gene seja só mais uma peça no complexo quebra-cabeça do ser humano, que é um conjunto dos seus genes, metabolismo, ambiente, estilo de vida, características psicológicas e todas as interações entre esses fatores. Também não podemos perder de vista que a escolha por um tratamento também não é fácil, visto que cada ser humano tem um contexto de vida único, está inserido numa sociedade com hábitos e culturas diferentes, com crenças religiosas distintas, com variados níveis de conhecimento sobre biologia e sobre câncer, oportunidades desiguais de acesso a tratamentos médicos e diversos fatores que podem influenciar na tomada de decisão sobre qual caminho seguir.

2.5 Para Refletir

Algumas perguntas para se pensar ao decidir fazer ou não um teste genético:

- Como eu me sentiria ao esperar certo tempo pelo resultado (aproximadamente 40 dias)?
- Como eu reagiria diante de um resultado *inconclusivo*?
- Como eu reagiria diante de um resultado *positivo*, ou seja, de que uma mutação associada ao câncer foi encontrada?
- Como isso afeta minha percepção com relação ao câncer de mama? Pretendo buscar informações?

- Como eu reagiria psicologicamente?
- Como eu reagiria diante da minha família?
- O resultado poderia afetar a proximidade com meus parentes?
- Como eu penso que a doença afetaria meus filhos (crianças ou adultos) e futuros filhos?
- Como eu imagino que saber sobre a possibilidade da doença afetaria a minha rotina?
- Como eu imagino que saber sobre a possibilidade da doença afetaria minhas finanças?

Algumas possibilidades:

- Em caso de resultado positivo:

- Aumento da consciência sobre o papel fisiológico e psicológico dos seios.
- Conscientização da importância de avisar ao médico de quaisquer mudanças fisiológicas.
- Aumento da conscientização da necessidade de exames regulares por médico especialista e do autoexame periódico.
- Conscientização sobre a possibilidade, para meninas mais jovens, de fazer mamografia com/sem ultrassom ou ressonância magnética dos seios, dado que seu tecido mamário é mais denso e uma mamografia convencional não é capaz de uma análise correta.
- Algumas mulheres podem considerar cirurgia, medicação ou mudanças de estilo de vida para reduzir o risco de outro câncer de mama ou de ovário.
- Opções cirúrgicas:
 - Remoção do tecido mamário para reduzir o risco de câncer de mama.
 - Remoção de ovários e tubas uterinas após ter filhos, para reduzir o risco de câncer da mama, já que há redução da produção de hormônios, como estrogênio e progesterona, que aumentam risco de câncer de mama.

Finanças:

- Custo do teste genético: a Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS) estabeleceu a obrigatoriedade de os planos de saúde cobrirem o exame, mas a rede pública não o oferece.

- Em laboratórios privados, o custo varia com o tipo do exame. Em 2017, por exemplo, havia testes custando R\$ 990,00 reais, para apenas um gene, até R\$16.000,00 reais, para fazer um teste que verifica mutações em vários genes relacionados à susceptibilidade para doenças, inclusive BRCA1 e BRCA2. Seu preço varia a depender de quantos genes e/ou para quais doenças o paciente será analisado.

Planos de saúde no Brasil:

- Sua decisão de fazer ou não o teste genético não influenciará seu plano de saúde atual. No entanto, se você tiver uma mutação, precisará alertar a seguradora sobre os resultados, caso troque de plano. Isso altera sua categoria em relação aos grupos de risco, alterando também o valor de um novo plano de saúde.
- Não é permitido forçar ninguém a fazer teste genético, ou seja, esta é uma decisão necessariamente de cada pessoa.
- Não é permitido usar o resultado de um membro da família para avaliar outros membros da família quando forem se candidatar a um plano de saúde.
- A confidencialidade dos resultados deve ser garantida.
- A partir de 2014, a Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS) estabeleceu a obrigatoriedade de as seguradoras pagarem pelo teste genético de 29 doenças genéticas, incluindo câncer de mama e ovário (para os genes BRCA1 e BRCA2). Contudo, o exame deve ser solicitado por um geneticista. A lista de doenças abrangidas pela resolução está no site da ANS: <http://www.ans.gov.br/images/stories/noticias/pdf/a%20lista%20completa%20das%20doenas.pdf>

2.6 Fechamento

Tentamos dar acesso às alunas a uma visão de que não é trivial lidar com dados genéticos, pois a maioria deles não nos dá certeza sobre o que vai acontecer em relação ao fenótipo, devido à complexidade das relações entre o sistema genético, o ambiente (em diferentes níveis de organização) e o desenvolvimento de uma determinada característica (incluindo uma doença). Precisamos evitar ter visões

deterministas quanto aquela expressa na frase “acharam o gene para tal doença”, como se fala, por exemplo, no caso da diabetes e mesmo para características mentais, como a esquizofrenia. Talvez esse gene seja só mais uma peça no complexo quebra-cabeça do ser humano, que é um conjunto envolvendo genes, metabolismo, ambientes, estilo de vida, características psicológicas e todas as interações entre esses fatores.

Também não podemos perder de vista que a escolha por um tratamento também não é fácil, visto que cada ser humano tem um contexto de vida único, está inserido numa sociedade, com hábitos e culturas diferentes, com crenças religiosas distintas, com variados níveis de conhecimento sobre biologia e sobre câncer, desiguais oportunidades de acesso a tratamentos médicos e a possibilidades de mudanças no estilo de vida, e diversos outros fatores que podem influenciar na tomada de decisão sobre qual caminho seguir. Respeitar as decisões individuais é de extrema importância e essencial na convivência em sociedade, especialmente em casos nos quais não há imperativos de saúde pública que se sobrepõem à decisão individual sobre a saúde.

3. Validação da sequência didática “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo”.

Após a primeira elaboração, a SD passou pela avaliação de dois professores orientadores, Diogo Meyer e Charbel Niño El-Hani, o primeiro atuante nos campos da Genética e Evolução, e o segundo, no campo de História, Filosofia e Ensino de Ciências, tendo como um de seus focos de pesquisa o ensino de Genética. As autoras da SD a reelaboraram, então, conforme essa avaliação. Esse ciclo de elaboração e revisão se deu quantas vezes foram necessárias para chegarmos a uma versão final da SD.

De posse dessa versão, construímos um instrumento de avaliação para uma validação por pares, um barema de avaliação (Anexo 1). E convidamos professoras-pesquisadoras para essa validação.

Enviamos um e-mail com o convite para analisar a nossa SD para a lista de participantes do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das

Ciências da Universidade Federal da Bahia e para listas de pós-graduação e de professoras da Faculdade de Educação, Instituto de Biociências e Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo. Em ambas as listas incluem mestrandas, doutorandas, egressas e professoras vinculados ao Programa de Pós-graduação. Recebemos resposta de dez professoras-pesquisadoras, apresentadas na tabela 4.

Tabela 4 – Informações gerais das professoras-pesquisadoras avaliadoras da SD “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo

Titulação acadêmica	Especialização: 1
	Mestrado: 6
	Doutorado: 2
	Pós-Doutorado: 1
Local da titulação de graduação	Universidade do Estado da Bahia: 1
	Universidade Estadual de Campinas: 1
	Universidade Estadual da Paraíba: 1
	Universidade Federal da Bahia: 1
	Universidade Federal de Juiz de Fora: 2
	Universidade Federal do Rio de Janeiro: 2
	Universidade Federal de Sergipe: 1
	Universidade de São Paulo: 1
Local da titulação de Pós-Graduação	Fundação Oswaldo Cruz: 1
	Universidade Estadual da Paraíba: 1
	Universidade Federal da Bahia: 2
	Universidade Federal de Juiz de Fora: 1
	Universidade Federal do Rio de Janeiro: 1
	Universidade Federal de Sergipe: 1
	Universidade Federal de Viçosa: 1
	Universidade de São Paulo: 2
Possui experiência docente Ensino fundamental?	Sim: 8
	Não: 2
Possui experiência docente no ensino médio?	Sim: 5
	Não: 5
Possui experiência docente no ensino superior?	Sim: 6
	Não: 4
Tempo total de experiência docente:	Menos que 1 ano: 0
	Entre 1 e 3 anos: 2
	Entre 4 e 6 anos: 5
	Entre 7 e 9 anos: 0
	Mais que 10 anos: 3
É professora-pesquisadora?	Sim: 10
	Não: 0
Área de atuação da pesquisa	Biologia Molecular: 1
	Ecologia: 1
	Ensino de Ciências / Biologia: 7
	Microbiologia: 1

Fonte: Elaborado pela autora.

Essas professoras-pesquisadoras receberam o barema de avaliação, que contém uma pequena introdução sobre nosso estudo e apresenta a SD. Ao final de cada aula proposta na SD, solicitamos que as professoras-pesquisadoras avaliassem alguns aspectos, como se os objetivos relativos às dimensões CPA haviam sido alcançados e se o tempo proposto para a atividade era suficiente para a realização da mesma. Na Tabela 5, apresentamos o resultado dessa etapa da validação da SD “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo” por professoras-pesquisadoras.

Tabela 5 – Resultado da validação da SD “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo” por professoras-pesquisadoras.

Aula	Tópico	SIM	PARCIAL-MENTE ⁶	NÃO	Sem resposta
Aula 1 Introdução	Cumprer os objetivos de ensino da aula?	80%	20%	-	-
	Cumprer os objetivos de aprendizagem na dimensão conceitual?	80%	10%	10%	-
	Cumprer os objetivos de aprendizagem na dimensão procedimental?	90%	-	-	10%
	Cumprer os objetivos de aprendizagem na dimensão atitudinal?	40%	20%	30%	10%
	O tempo sugerido para atividade é adequado?	50%	50%	-	-
Aula 1 Atividade 1	Cumprer os objetivos de ensino da aula?	90%	-	-	10%
	Cumprer os objetivos de aprendizagem na dimensão conceitual?	70%	30%	-	-
	Cumprer os objetivos de aprendizagem na dimensão procedimental?	90%	10%	-	-
	Cumprer os objetivos de aprendizagem na dimensão atitudinal?	100%	-	-	-
	O tempo sugerido para a atividade é adequado?	30%	60%	-	10%
Aula 2	Cumprer os objetivos de ensino da aula?	80%	10%	-	10%
	Cumprer os objetivos de aprendizagem na dimensão conceitual?	90%	10%	-	-
	Cumprer os objetivos de aprendizagem na dimensão procedimental?	30%	60%	10%	00%
	Cumprer os objetivos de aprendizagem na dimensão atitudinal?	100%	-	-	-
	O tempo sugerido para a opção 1 de atividade é adequado?	30%	50%	10%	10%
	O tempo sugerido para a opção 2 de atividade é adequado?	70%	10%	10%	10%
Aula 3 e 4	Cumprer os objetivos de ensino da aula?	90%	-	-	10%
	Cumprer os objetivos de aprendizagem na dimensão conceitual?	90%	-	-	10%

⁶ No caso das perguntas acerca do tempo, foram consideradas como “parcialmente” as respostas que dizem que há pouco tempo para a realização da atividade.

	Cumpra os objetivos de aprendizagem na dimensão procedimental?	60%	10%	-	30%
	Cumpra os objetivos de aprendizagem na dimensão atitudinal?	60%	20%	-	20%
	O tempo sugerido para a atividade é adequado?	70%	10%	-	20%

Fonte: Elaborado pela autora.

Podemos observar que as professoras-pesquisadoras consideram que a SD cumpre os objetivos propostos, exceto os objetivos na dimensão procedimental da aula 2, pois a maioria achou que o objetivo P3 (“fazer cálculos simples para interpretação de dados”) não foi contemplado. Assim, retiramos esse objetivo da aula. A maior parte das divergências diz respeito ao tempo sugerido para a realização das atividades da aula 1.

Além da análise quantitativa das respostas assinaladas pelas professoras-pesquisadoras, nós também fizemos uma análise cuidadosa de todas as sugestões indicadas no espaço para este fim, bem como daquelas feitas no corpo do texto. Fizemos, assim, mais ajustes na SD para acatar as sugestões das professoras-pesquisadoras.

O principal ajuste diz respeito ao tempo das atividades na aula 1. Fizemos uma redistribuição de atividades, e essa primeira etapa passou a ser cumprida em 2 aulas, incluindo a realização pelas estudantes de uma atividade em casa entre as aulas 3 e 4. Para as outras aulas, o tempo foi considerado apropriado pela maioria das avaliações.

Dessa forma, produzimos a SD numa versão que nos pareceu adequada para ser aplicada em sala de aula. A versão completa dessa SD, com objetivos específicos para cada atividade e aula, com comentários e instruções sobre cada etapa, é apresentada de forma detalhada no Anexo 2 – Manual didático, que é um guia completo sobre como a professora pode trabalhar a SD em sala de aula.

4 Conclusões

Apresentamos neste capítulo uma sequência didática validada por dois pesquisadores seniores dos campos da Genética e Evolução, e de História, Filosofia e Ensino de Ciências, e por 10 professoras-pesquisadoras de diferentes instituições. Essa SD é destinada tanto a alunas do Ensino Médio quanto à formação de futuras professoras

(podendo ser aplicada em diversos cursos de licenciatura) e a cursos de capacitação de professoras, tendo sido construída com uma linguagem simples e retomando conceitos da Genética. Ela visa apresentar de forma não-determinística a relação entre mutações no gene BRCA1 e a predisposição e os riscos de desenvolvimento do câncer de mama.

Para guiar nossa sequência didática, utilizamos uma questão sociocientífica (QSC) baseada no caso da atriz Angelina Jolie, que se submeteu a uma dupla mastectomia em 2013, depois que um teste genético detectou a presença de alelo mutante do gene BRCA1. A sequência didática foi construída numa perspectiva CTSA e com objetivos baseados nas dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA) do conteúdo.

Esperamos que essa SD possa auxiliar professoras a explicar a estudantes sobre as possibilidades do desenvolvimento de câncer de mama e como devemos ter cuidado com visões deterministas genéticas, preparando, assim, cidadãs bem-informadas e críticas, capazes de tomar decisões sobre sua saúde baseadas em seus conhecimentos científicos.⁷

⁷ Ao concluir esse trabalho, na defesa da tese, em conversa com a banca examinadora, percebemos que o contexto do homem na nossa sequência didática não ficou muito explicitada, o que iremos pensar e reformular para o artigo final a ser publicado.

Referências

- AIVELO, T.; UITTO, A. Genetic determinism in the Finnish upper secondary school biology textbooks. **NorDiNa**, 2015. 139-152.
- AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, Bauru, 2001. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/wJMcpHfLgzh53wZrByRpmkd/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 21 junho 2022.
- BALL, D. L.; FEIMAN-NEMSER, S. Using textbooks and teachers' guides: A dilemma for beginning teachers and teacher educators. **Curriculum Inquiry**, 1988. 401-423.
- BARROWMAN, N. Correlation, Causation, and Confusion. **The New Atlantis**, 2014. 23-44. Disponível em: <<https://www.thenewatlantis.com/publications/correlation-causation-and-confusion>>. Acesso em: 21 junho 2022.
- BATISTA, M.; CUNHA, M.; CÂNDIDO, A. Análise do tema virologia em livros didáticos de biologia do ensino médio. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, 2010. 145-158.
- BENCZE, L.; ALSOP, S. Ecojustice through responsibilist Science Education. In: _____ **ANNUAL CONFERENCE OF THE CANADIAN SOCIETY FOR THE STUDY OF EDUCATION**. [S.l.]: [s.n.], 2009. p. 1-28.
- CARVER, R. B. et al. Young Adults' Belief in Genetic Determinism, and Knowledge and Attitudes towards Modern Genetics and Genomics: The PUGGS Questionnaire. **PLoS One**, 12, n. 1, 2017.
- CEBESOY, U. B.; OZTEKIN, C. Genetics Literacy: Insights From Science Teachers' Knowledge, Attitude, and Teaching Perceptions. **International Journal of Science and Math Education**, 2017.
- CHEN, S.-Y.; RAFFAN, J. Biotechnology: student's knowledge and attitudes in the UK and Taiwan. **Journal of Biological Education**, 1, 1999. 17-23.
- CLÉMENT, P. **Didactic Transposition and KVP Model**: Conceptions as interactions between Scientific knowledge, Values and Social Practices. Proceedings of Conference of the European Science Education Research Association ESERA. [S.l.]: [s.n.]. 2006. p. 9-18.
- COLL, C. et al. **Los contenidos de la reforma**: Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes. [S.l.]: [s.n.], 1992.
- CONRAD, P. Genetic Optimism: Framing Genes and Mental Illness in the News. **Culture, Medicine and Psychiatry**, 2001. 225-247.
- CONRADO, D. **Questões Sociocientíficas na Educação CTSA**: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico. Salvador: [s.n.], 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/24732/1/Tese-DaliaMelissaConrado-2017-QSC-CTSA-Final.pdf>>. Acesso em: 21 junho 2022.
- CONRADO, D.; NUNES NETO, N. Questões Sociocientíficas e dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais dos conteúdos no ensino de ciências. In: CONRADO, D.; NUNES NETO, N. **Questões sociocientíficas**: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: EDUFBA,

2018. p. 77-118. Disponível em: <<https://books.scielo.org/id/n7g56/pdf/conrado-9788523220174-05.pdf>>. Acesso em: 21 junho 2022.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: Fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DOUGHERTY, M. J. Closing the Gap: Inverting the Genetics Curriculum to Ensure an Informed Public. **The American Journal of Human Genetics**, 85, n. 1, 2009. 6-12.

EL-HANI, C. N. **Repensando o gene na era pós -genômica**. Salvador: [s.n.], 2016.

EUREKA STRATEGIC RESEARCH. **COMMUNITY ATTITUDES TO BIOTECHNOLOGY REPORT ON OVERALL PERCEPTIONS OF BIOTECHNOLOGY AND GENERAL APPLICATIONS**. [S.l.]. 2007.

EVANGELISTA, N. A. M. **O CONCEITO DE GENE EM LIVROS DIDÁTICOS SUPERIOR DE BIOLOGIA CELULAR E MOLECULAR DO ENSINO SUPERIOR**. Salvador: Dissertação de mestrado, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/20945/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Neima%20Evangelista.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

GASKELL, G.; ALLUM, N.; STARES, S. **Europeans and Biotechnology in 2002**. [S.l.]. 2003.

GAYÁN, E.; GARCÍA, P. E. **Como escoger un libro de texto? Desarrollo de un instrumento para evaluar los libros de texto de ciencias experimentales**. Enseñanza de las ciencias. Murcia/ Espanha,: [s.n.]. 1997. p. 249-250.

GERICKE, N. et al. Conceptual Variation or Incoherence? Textbook Discourse on Genes in Six Countries. **Science & Education**, p. 381-416, 2014.

GERICKE, N. et al. Exploring Relationships Among Belief in Genetic Determinism, Genetics Knowledge, and Social Factors. **Science & Education**, 26, n. 10, 2017. 1223-1259.

GUIMARÃES, M. A.; CARVALHO, W. L. P. D.; OLIVEIRA, M. S. Raciocínio moral na tomada de decisões em relação a questões sociocientíficas: o exemplo do melhoramento genético humano. **Ciência e Educação**, Bauru, 2010. 465-477.

HEYNEMAN, S. P. The Role of Textbooks in a Modern Education System. In: BRASLAVSKY, C. **Textbooks and Quality Learning for All: Some Lessons Learned from International Experience**. Geneva: UNESCO/International Bureau of Education, 2006. p. 31-93.

HODSON, D. **Looking to the future: building a curriculum for social activism**. Rotterdam: Sense Publishers, 2011.

HODSON, D. Don't be nervous, don't be flustered, don't be scared: be prepared. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, 2013. 313-331.

HUBBART, R.; WALD, E. **Exploding the Gene Myth: How Genetic Information is Produced and Manipulated by Scientists, Physicians, Employers, Insurance Companies, Educators, and Law Enforcers**. [S.l.]: [s.n.], 1993.

IBOPE. **Estudo de percepção sobre transgênicos na produção de alimentos – 2016**. [S.l.]. 2016.

JOLIE, A. My Medical Choice. **The New York Times**, New York, maio 2013. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2013/05/14/opinion/my-medical-choice.html>>. Acesso em: 06 maio 2020.

KAMPOURAKIS, K. **Making sense of genes**. [S.l.]: [s.n.], 2017.

KRSTOVIC, M. Preparing students for self-directed research-informed actions on socioscientific issues. In: BENCZE, L.; ALSOP, S. **Activist science and technology education**. [S.l.]: [s.n.], 2014. p. 399-417.

LEVINSON, R. Towards a Theoretical Framework for Teaching Controversial Socioscientific Issues. **International Journal of Science Education**, 2007. 1201-1224.

MACER, D.; CHEN NG, M. A. Changing attitudes to biotechnology in Japan. **Nature Biotechnology**, 18, September 2000. 945-947.

MASSARANI, L.; MOREIRA, I. D. C. Attitudes towards genetics> a case study among Brazilian high school students. **Public Understanding of Science**, 2005. 201-212.

MATTHEUS, R. A. Storks Deliver Babies ($p= 0.008$). **Teaching Statistics**, 2000. 36-38.

MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação (Bauru)**, Bauru, 2003. Ciência & Educação (Bauru).

NELKIN, D.; LINDEE, S. **The DNA Mystique: The Gene as a Cultural Icon**. [S.l.]: [s.n.], 1995.

NÚÑEZ, I. et al. A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de Ciências. **Revista Iberoamericana De Educación**, 2003. 1-11.

PITOMBO, M. A.; ALMEIDA, A. M.; EL-HANI, C. N. Gene concepts in higher education cell and molecular biology textbooks. **Science Education International**, 2008. 219-234. Disponível em: <Gene concepts in higher education cell and molecular biology textbooks>. Acesso em: 14 Junho 2022.

PRIEST, S. H. US public opinion divided over biotechnology? **Nature Biotechnology**, 18, September 2000. 939-942.

RATCLIFFE, M.; GRACE, M. **Science Education For Citizenship: Teaching Socio-Scientific Issues**. [S.l.]: [s.n.], 2003.

REDFIELD, R. J. "Why Do We Have to Learn This Stuff? A New Genetics for 21st Century Students. **PLoS Biol**, 2012.

REIS, G.; NG-A-FOOK, N.; GLITHERO, L. Provoking ecojustice-taking citizen science and youth activism beyond the school curriculum. In: MUELLER, M. P.; TIPPINS, D. J. **EcoJustice, citizen science and youth activism: situated tensions for Science Education**. [S.l.]: [s.n.], 2015. p. 39-61.

REIS, P. Factors of success regarding classroom discussions of SSI: a cross-case study. **Les sciences et les crises contemporaines**, 2013. 67-80.

REIS, P. Ação socio-política sobre questões socio-científicas: reconstruindo a formação docente y el currículo. **Revista Uni-pluri/versidad**, Lisboa, 2014.

SADLER, T. D. Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. **Journal of research in Science Teaching**, 2004.

- SADLER, T. D. **Socio-Scientific Issues in the Classroom: Teaching, Learning and Research.** [S.l.]: [s.n.], 2011.
- SANTOS, V. C.; EL-HANI, C. N. Ideias sobre genes em livros didáticos de biologia do ensino médio publicados no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 9, n. 1, 2009.
- SANTOS, V.; JOAQUIM, L.; EL-HANI, C. Hybrid Deterministic Views About Genes in Biology Textbooks: A Key Problem in Genetics Teaching. **Science & Education**, p. 543-578, 2012.
- SANTOS, W. Scientific literacy: A Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. **Science Education**, 2009. 361-382.
- SANTOS, W. L.; SILVA, K. M.; SILVA, S. M. Perspectivas e desafios de estudos de QSC na educação científica brasileira. In: CONRADO, D.; NUNES NETO, N. **Questões Sociocientíficas: fundamentos, propostas de Ensino e perspectivas para ações cociopolíticas.** Salvador: EDUFBA, 2018. p. 427-452.
- SOLBLES, J. Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (II): Ejemplos. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de La Ciencias**, 2013. 148-158.
- STURGIS, P.; COOPER, H.; FIFE-SCHAW, C. Attitudes to biotechnology: estimating the opinions of a better-informed public. **New Genetics and Society**, 24, n. 1, April 2005. 31-56.
- TEIXEIRA, P. M.; VALE, M. Ensino de Biologia e cidadania: problemas que envolvem a prática pedagógica de educadores. **Educação em Ciência: da pesquisa à prática docente**, 2001. 23-40.
- TORRES-MERCHÁN, N. Y. El abordaje de situaciones contextuales para la solución de problemas y la toma de decisiones. **Zona Próxima**, 2011. 126-141.
- VENTER, J. C. et al. The sequence of the human genome. **Science**, 2001. 1304-1351.
- VILCHES, A.; PÉREZ, G.; PRAIA, J. De CTS a CTSA: Educação por um futuro sustentável. In: SANTOS; AULER **CTS e Educação científica, desafio, tendências e resultados de pesquisa.** Brasília: Universidade de Brazólia, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/291958339_De_CTS_a_CTSA_Educacao_por_um_futuro_sustentavel>. Acesso em: 21 junho 2022.
- VILLA, A.; POBLETE, M. **Aprendizaje basado en competencias: una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas.** [S.l.]: [s.n.], 2007.
- VON LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, 2007. Disponível em: <<https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/2/23/Irlan.pdf>>. Acesso em: 21 junho 2022.
- XAVIER, M. C. F.; FREIRE, A.; MORAES, M. A nova (moderna) biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio. **Ciência & Educação (Bauru)**, Bauru, 2006. 275-289.
- YUNTA, E. R. et al. Attitudes towards genomic. Research in four Latin American countries. **Electronic Journal of Biotechnology**, 8, n. 3, 15 December 2005. 238-248.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998. Disponível em: <<https://www.ifmg.edu.br/ribeiraodasneves/noticias/vem-ai-o-iii-ifmg-debate/zabala-a-pratica-educativa.pdf>>. Acesso em: 21 junho 2022.

ZABALA, A.; ARNAU, L. **Como aprender a ensinar competências**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

ZEIDLER, D. et al. Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. **Science Education**, 2005.

ANEXO 1 – Barema de avaliação da SD



Universidade de São Paulo
Instituto de Biociências (IB-USP)
Laboratório de genética evolutiva (LGE)



Universidade Federal da Bahia
Instituto de Biologia (IB-UFBA)
Laboratório de Ensino, Filosofia e História
da Biologia (LEFHBio)

Projeto: Nossa saúde está escrita em nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo em uma sequência didática sobre câncer de mama e o gene BRCA1.

Graduanda: Andréa Grieco Nascimento

Orientadores: Neima Alice Menezes Evangelista (LEFHBio), Diogo Meyer (LGE), Charbel Niño El-Hani (LEFHBio)

AVALIAÇÃO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A RELAÇÃO ENTRE FENÓTIPO E GENÓTIPO

Prezado(a) docente, convidamos você a avaliar uma Sequência Didática (SD) baseada em princípios de educação em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) e desenvolvida no modelo de Questões Sociocientíficas (QSC). Esta SD está vinculada a um projeto de iniciação científica cujo objetivo central é construir uma sequência didática para Ensino Médio que aborda a relação entre fenótipo e genótipo como ferramenta para compreender a complexidade de um fenômeno biológico, de forma a desenvolver o pensamento crítico dos alunos e potencialmente estimulá-los a buscar informações confiáveis quando se depararem com correlações em veículos de informação. Confiamos em a sua colaboração para validação do material.

Para validar essa sequência é importante notar que há quatro partes a serem avaliadas por meio do preenchimento das tabelas correspondentes. Cada tabela faz referência a um trecho da sequência didática, planejada idealmente para três aulas.

Desde já agradecemos a sua colaboração!

Ao final, por favor enviar o documento preenchido para deagrieco0@gmail.com ou neimalice@hotmail.com;

Para começar, por favor preencha o seu perfil abaixo. Se algum campo não se adequar, preencha com um traço (-). Nas perguntas de sim ou não, preencha com um (x).

Perfil do avaliador	
1. Informações pessoais	
i.	Nome:
ii.	Idade:
2. Formação Acadêmica	
iii.	Graduação:
iv.	Pós-graduação:
3. Experiência profissional	
i.	Instituição em que leciona:
ii.	Disciplinas que leciona:
iii.	Experiência docente por nível de ensino:
	<input type="radio"/> Ensino Fundamental: () SIM, por _____ ANOS <input type="radio"/> () NÃO
	<input type="radio"/> Ensino Médio: () SIM, por _____ ANOS () NÃO
	<input type="radio"/> Ensino Superior: () SIM, por _____ ANOS <input type="radio"/> () NÃO
	<input type="radio"/> Outros (especifique o que e por quanto tempo):
4. Atuação como pesquisador	
i.	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
ii.	Área de atuação:

Nossa saúde está escrita em nossos genes?

Público avaliador: Professores de Biologia ou Licenciandos em Biologia

Utilização sugerida: Após conteúdos de Genética Básica, Biologia Celular.

Público-alvo da sequência didática: Ensino Médio após conteúdos de Genética Básica e Biologia Celular. A sequência didática foi concebida para o ensino formal.

A sequência didática é composta pelas seguintes etapas:

- Contextualização: apresentação do caso de Sofia;
- Atividade de compreensão sobre risco atrelado a fatores genéticos;
- Atividade sobre fatores não hereditários que influenciam no câncer de mama;
- Atividade sobre tomada de decisão em relação a qual método preventivo usar.

Sugestões de pré-requisitos conceituais para o público-alvo:

- Noções de Genética Básica: DNA, genes, alelos, hereditariedade, heredogramas, genótipo e fenótipo, mutação. Não são necessários conceitos avançados de Biologia Molecular.
- Noções de Biologia Celular: célula, ciclo celular, mitose, meiose, tecido.
- Noções Matemáticas: operações básicas (soma, subtração, multiplicação, divisão), porcentagem, leitura de gráfico simples, conhecimentos básicos de teoria de conjuntos.

Sugestões para utilização da sequência didática:

- No fechamento dos conteúdos de Genética Básica.

Objetivos de aprendizagem

O foco é no que os alunos podem atingir com a sequência didática. As tabelas de análise a serem preenchidas farão referência aos números aqui reproduzidos. Nas tabelas de análise, bastará clicar nos ícones em azul para eles voltarem para esta tabela de objetivos. Não se detenha nesse momento nessa tabela, mas use-a como referência para a sua análise posteriormente.

Objetivos Conceituais

- C1 Romper com visões *deterministas genéticas*;
- C2 Reconhecer biologicamente o que é um câncer;
- C3 Explicar mais adequadamente a relação entre a presença de um alelo e as possibilidades de fenótipo associados;
- C4 Compreender a relação entre o alelo mutado do gene BRCA1 e o câncer de mama;
- C5 Entender o que é risco e predisposição do ponto de vista biológico;
- C6 Distinguir a relação entre correlação e causalidade em genética;
- C7 Refletir sobre os sistemas biológicos em sua complexidade, entendendo como genes e fenótipos se relacionam frequentemente de maneira complexa, envolvendo fatores biológicos, ambientais, comportamentais, entre outros;
- C8 Identificar fatores não genéticos que influenciam na possibilidade de desenvolver câncer de mama;
- C9 Pensar criticamente sobre o que são os testes genéticos e a escolha de fazê-los ou não;
- C10 Reconhecer os contextos nos quais é recomendado fazer teste genético para saber se a pessoa carrega uma mutação no alelo do gene BRCA1;
- C11 Conhecer quais são as opções para prevenção do câncer de mama e perceber que cada paciente pode se encaixar melhor em alternativas diferentes.

Objetivos Procedimentais

- P1 Ler texto com atenção às informações principais;
- P2 Interpretar informações quantitativas apresentadas na forma de um gráfico;
- P3 Fazer cálculos simples para interpretação de dados;
- P4 Integrar dados para responder questões;
- P5 Discutir e elaborar argumentos e posicionamentos com base em conhecimentos recém adquiridos;
- P6 Interpretar heredograma;
- P7 Reunir argumentos para tomar decisões baseadas na noção de risco, levando em conta múltiplos fatores de diversas naturezas (social, econômica, psicológica e biológica).

Objetivos atitudinais

A1 Assumir um posicionamento crítico ao determinismo genético, com consciência da complexidade das relações entre genes e fenótipos;

A2 Trabalhar em grupo de forma colaborativa, estabelecendo diálogo e desenvolvendo a capacidade de escuta dos seus pares;

A3 Respeitar a opinião dos colegas e seus diferentes pontos de vista, compreendendo a posição única de cada um quando se vê em uma situação de tomada de decisão;

A4 Desenvolver o pensamento crítico com relação aos fatores que poderiam influenciar ou não no desenvolvimento do câncer de mama;

A5 Perceber o poder de informação que um teste genético pode oferecer e suas vantagens e desvantagens;

A6 Desenvolver empatia com relação às pessoas que estão frente a uma tomada de decisão para prevenção de uma doença que é multifacetada em relação aos seus riscos;

A7 Tomar consciência de que decisões individuais, em especial aquelas em relação ao corpo, são complexas, carregam cargas pessoais e devem ser respeitadas e valorizadas;

A8 Julgar e refletir sobre as opções de prevenção de câncer de mama à luz de um raciocínio sobre risco, levando em conta aspectos socioeconômicos, psicológicos e biológicos.

A9 Sensibilizar-se a respeito do papel e do significado dos seios para a feminilidade;

A10 Ser consciente de que o câncer de mama não é um problema apenas das mulheres, mas uma responsabilidade de toda a sociedade;

A11 Ponderar que o acesso a mudanças no estilo de vida não acontece de forma igualitária para pessoas que estão em classes sociais distintas;

A12 Conscientizar-se de que o acesso à saúde não é igual para todas as pessoas na população.

PARA ANALISAR - PARTE 1

Caro(a) avaliador(a), a sequência didática, de nome Nossa saúde está escrita em nossos genes? começa com uma estória e uma retomada de conceitos básicos de genética (20min), que julgamos serem necessários para a compreensão das próximas atividades pelos alunos. Veja a seguir:

Prezado professor, ao longo da nossa QSC, alguns comentários e instruções direcionados a você estarão escritos com a cor azul. Eles servem como auxílios para a condução do trabalho na sala de aula. O texto em preto corresponde ao material que será entregue aos estudantes.

Domingo, Sofia estava assistindo televisão com sua mãe, Camila e com sua avó paterna, Dona Ruth, tranquilamente. Dona Ruth é a única avó que Sofia conheceu, pois sua avó materna faleceu antes de ela completar um ano. Camila conversava muito com sua mãe sobre o câncer de mama que acabou levando sua avó a falecer e sabe que várias outras pessoas da família tiveram essa doença.

No intervalo da programação de domingo, Camila diz: “Pretendo fazer uma dupla mastectomia”. Dona Ruth arregala os olhos apavorada, enquanto Sofia tenta entender a situação. Camila explica que quer fazer uma dupla mastectomia, o que significa retirar os dois seios, como fez a atriz Angelina Jolie. Camila descobriu em um teste genético que possui uma versão alterada do alelo do gene BRCA1, o mesmo da atriz. “Isso significa que tenho mais risco de desenvolver o câncer de mama.”

“De onde você tirou essa ideia de teste genético, em primeiro lugar?”, questiona Dona Ruth. Camila explica que leu sobre o caso da Angelina Jolie e decidiu procurar um especialista para fazer o teste. Ela entendeu que o câncer de mama, no caso de sua família, poderia ser prevenido. No entanto, é sabido que a mastectomia reduz o risco de câncer de mama para menos de 5%, mas não elimina totalmente a possibilidade. “Hum, essas modernidades esquisitas... Como é que a gente vai confiar?!”, diz Dona Ruth. Em seguida, Sofia questiona: “Mãe, se você tirar a mama, então, você vai tirar o gene e vai ficar tudo bem, nunca desenvolverá o câncer de mama?”

Atividade complementar: Exibição do vídeo **“Angelina Jolie faz mastectomia dupla para prevenir câncer de mama”**¹, até 3m02s, para apresentar o tema Câncer de mama e contextualizar a discussão. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=aBxB696zL2k>>.

¹ Estadão. Vídeo **Angelina Jolie faz mastectomia dupla para prevenir câncer de mama**. 2013. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=aBxB696zL2k>>. Acesso em 12 jul 2017.

Como podemos ajudar Sofia e sua família a terem uma opinião embasada sobre o caso?

Primeiro, propomos uma retomada de conceitos de genética para que os alunos incorram menos em confusões comuns no ensino de genética.

Em primeiro lugar, vamos relembrar alguns conceitos. Como somos seres eucariontes, nosso material genético está no núcleo das nossas células. No nosso caso, esse material genético é o DNA, que está enrolado em proteínas, formando o cromossomo. Nele há diversas regiões importantes - as mais conhecidas são os genes.

Genes² são trechos de DNA que codificam um ou mais produtos funcionais (proteínas ou RNAs). O local fixo no cromossomo onde se encontra um gene é o seu **locus**. Os genes têm **alelos**, que são versões de genes, com sequências específicas de nucleotídeos. Nas atividades a seguir, nos referimos a um **alelo não mutado** como a versão tipicamente mais comum de um gene na população, enquanto um **alelo mutante** é a versão pouco comum de um gene na população. É comum esses alelos mais raros na população serem fruto de mutações que desfavorecem os indivíduos que as têm em relação aos outros de sua população. Essas mutações podem gerar características desvantajosas para várias atividades, como atrair parceiros para acasalamento ou alimentar-se. Mas, mutações nem sempre são prejudiciais. Elas podem também ser mutações que produzem um fenótipo que traz vantagens aos indivíduos que a carrega. Por fim, podem ser mutações neutras, ou seja, que não alteram características dos indivíduos.

Um **câncer** é formado pela proliferação de células com alterações no DNA. Essas alterações fazem com que essas células se multipliquem de forma rápida e desordenada, perpetuando o DNA alterado e formando uma massa de células chamada de **tumor**. No câncer, esse **tumor** é **maligno** porque possui a

² Note que a depender do nível de análise - sistêmico, celular, molecular - a definição de gene se altera para acomodar tal aspecto do conhecimento. Aqui está representada uma definição mais comum que é útil para a compreensão do que propomos.

capacidade de invadir outros tecidos, podendo se espalhar pelo corpo. O **câncer de mama** é um tumor maligno que começa principalmente nas células da mama.

O **teste genético** que Camila fez é uma análise que examina o DNA e procura alterações nos genes que podem estar associadas a algumas doenças ou desordens. No caso de Camila, foi analisado o gene **BRCA1**, que foi inicialmente investigado por estar alterado em famílias que apresentavam câncer de mama.

É importante notar que o câncer de mama é uma condição que pode acometer tanto homens quanto mulheres. Em pessoas do sexo masculino, ele é bem mais raro, mas pode ocorrer. Ainda que a maioria dos casos aconteça em mulheres, o câncer de mama deve ser discutido por toda a sociedade, visto que a doença merece atenção de políticas públicas e o direcionamento de recursos públicos, o que envolve participação de todos os cidadãos. Além disso, homens e mulheres podem exercer o papel de suporte às mulheres que estão no seu círculo de convivência.

A relação entre genética e câncer de mama aqui discutida contribuirá para o seu entendimento dessa relação em outros cânceres, como o de próstata e testículo, e de outras características do fenótipo que tenham influência genética - da cor de pele à diabetes.

Por favor avalie essa introdução, preenchendo tabela 1. A tabela está dividida entre os objetivos de ensino e de aprendizagem, estes separados entre conceituais, procedimentais e atitudinais. Por favor, atente-se para preencher todos os campos e, caso marque uma opção diferente de sim, comente no espaço à direita da tabela, reservado para tal. Escreva o quanto achar necessário, independente da formatação atual da tabela. Ela se ajustará ao conteúdo digitado.

Tabela 1. Avaliação da Introdução

Seção	Ações	Objetivos	Você considera que as ações e a atividade estão	Justificativas, comentários ou sugestões
-------	-------	-----------	---	--

			condizentes com os objetivos?	
Aula 1 Introdução	O professor distribuirá folhas com os textos de introdução e orientará os alunos a lê-los. De acordo com a turma, o professor escolherá se a leitura será individual ou em grupo.	<u>Objetivos de ensino da aula</u> 1 Engajar o aluno no assunto a ser tratado; 2 Retomar conceitos básicos para evitar erros comuns na aprendizagem de genética.	<u>Objetivos de ensino da aula</u> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não	
		<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> CONCEITUAIS C2	<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> CONCEITUAIS <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não	
		<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> PROCEDIMENTAIS P1	<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> PROCEDIMENTAIS <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não	
		<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> ATITUDINAIS A2	<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> ATITUDINAIS <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não	
		Tempo da atividade: <u>20 minutos</u>	<u>O tempo sugerido é adequado? *</u> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> é pouco tempo <input type="checkbox"/> é muito tempo	*caso marque uma opção diferente de sim, por favor sugira uma duração mais adequada

PARA ANALISAR - PARTE 2

A primeira atividade (30min) propõe uma investigação da relação entre uma mutação no alelo do gene BRCA1 e o câncer de mama. Confira a seguir:

Agora, vamos compreender o problema por partes. **Será que ter um alelo mutante do gene BRCA1 significa que Camila vai desenvolver câncer de mama?** Para isso, vamos investigar a relação entre as variáveis “ter câncer de mama” e “ter um alelo mutante do BRCA1”.

A imagem a seguir representa as proporções de pessoas que, em estudos anteriores, desenvolveram câncer de mama em dois casos: entre aquelas que possuem a mutação no alelo do gene BRCA1 e entre aquelas que não a possuem. É importante notar que a presença da mutação ocorre pouco na população em geral: há 1 entre 500 casos.

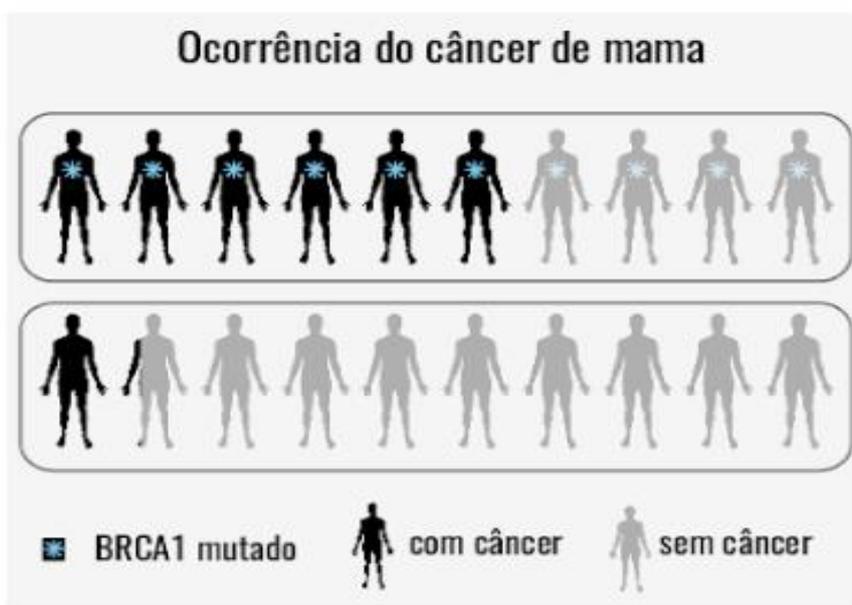


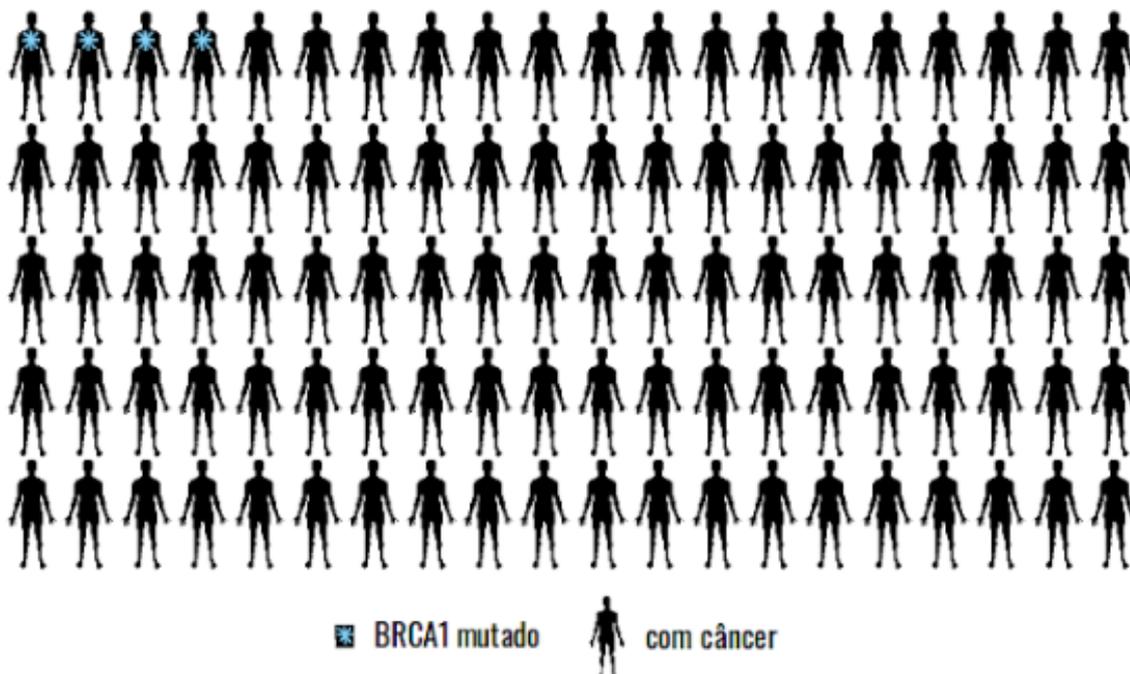
Figura 1: Esquema ilustrando a proporção do câncer de mama em pessoas do sexo feminino que possuem (primeiro quadro) ou não (segundo quadro) um alelo mutante do gene BRCA1.

Fonte: elaborado pelas autoras. Dados obtidos de: <https://www.cancer.gov/news-events/cancer-currents-blog/2016/brca-testing-breast-cancer>, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-0004.2012.01859.x/full>. Silhueta humana produzida por: Theriot, J.E.

É importante também nos perguntarmos, dentre as mulheres com câncer, qual a proporção que possui a mutação no alelo do BRCA1. A imagem a seguir ilustra essa situação.

Figura 2. Proporção de pessoas com um alelo mutante no gene BRCA1 em pessoas do sexo feminino com câncer de mama.

Ocorrência do alelo mutante no gene BRCA1 em mulheres com câncer de mama



Fonte: elaborado pelas autoras. Dados obtidos de: <https://www.cancer.gov/news-events/cancer-currents-blog/2016/brca-testing-breast-cancer>, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-0004.2012.01859.x/full>. Silhueta humana produzida por: Theriot, J.E.

Responda às questões a seguir:

A presença do alelo mutante do BRCA1 garante que a pessoa terá câncer de mama? Explique com base na informação contida nas figuras. *Resposta esperada: não, pois há casos de mulheres com o alelo mutante do BRCA1 que não possuem câncer de mama.*

A ausência do alelo mutante no BRCA1 garante que a pessoa não terá câncer de mama? Explique com base na informação contida nas figuras. *Resposta esperada: não, pois há mulheres com o alelo não mutado do BRCA1 que têm câncer de mama.*

Dentre as mulheres com mutação no alelo do gene BRCA1, qual é a porcentagem que desenvolve câncer de mama? *Resposta: 60%*

Dentre as mulheres com câncer de mama, qual é a porcentagem que possui o alelo mutante do BRCA1? *Resposta: 4%*

Como você pôde perceber, dentre as mulheres com câncer de mama, poucas têm o alelo mutante do BRCA1. Mas, dentre as mulheres com a mutação, muitas desenvolvem o câncer de mama. Pensando nisso, perguntamos: será que a presença da mutação nos diz algo útil? Qual é a informação que ela carrega sobre o risco do desenvolvimento do câncer de mama para as mulheres que a possuem? Explique. *Resposta esperada: sim. A mutação no BRCA1 não nos dá certeza de que a mulher vai desenvolver o câncer de mama. Mas a presença da mutação sugere que há maior risco de desenvolver câncer de mama. Podemos também ter uma visão mais clara sobre a dimensão do risco acrescido pelo alelo mutante.*

Dentre as mulheres sem o alelo mutante do BRCA1, qual é a porcentagem aproximada que desenvolve câncer de mama? *Resposta: por volta de 12%*

Camila poderia não ter câncer de mama? Justifique com elementos do gráfico. *Resposta esperada: Camila tem a mutação no alelo do BRCA1, portanto, apesar de ter maior risco de desenvolver câncer de mama (60% contra 12% do alelo não mutado), existe a possibilidade de que nunca venha a desenvolvê-lo.*

É importante o professor comentar que outros fatores influenciam no desenvolvimento do câncer de mama além do gene, sendo que eles podem contribuir para que o fenótipo não se desenvolva. A atividade 2 - Adivinha só! - discutirá esse assunto.

Poucas mulheres com o câncer possuem o alelo do BRCA1 mutado e algumas mulheres sem o alelo mutado acabam desenvolvendo câncer de mama. Às vezes pode parecer que os genes controlam tudo na nossa vida, mas as coisas não são bem assim, como podemos ver nesse caso do câncer de mama. Nosso organismo é bastante complexo! Como explicar os casos de pessoas sem a mutação e com câncer de mama? *Resposta esperada: Existem outros fatores influenciando o aparecimento desse fenótipo, além da contribuição genética.*

O professor pode discutir em seguida que a mutação no alelo do gene BRCA1 tem relação causal com o câncer de mama, o que já é relatado em várias pesquisas e também corroborado através de estudos sobre a função desse gene. Porém, não é a única causa e nem é suficiente em todos os casos para que o câncer de mama se desenvolva.

Os textos 1 e do 2³ podem ser usados para o professor se embasar.

“Tirando a mama então você vai tirar o gene e vai ficar tudo bem?”

Usando seus conhecimentos de genética, ajude Sofia a entender por que seu raciocínio não faz sentido biologicamente. Se necessário, releia o texto e as suas respostas às perguntas anteriores. *Resposta: Espera-se que o aluno chegue, em um primeiro momento, a concluir que Sofia não compreende que todos os nossos genes estão em todas as células do corpo, apesar de se expressarem diferentemente em cada tecido. Em um segundo momento, o aluno deve identificar a conclusão errada de Sofia ao inferir que, tirando a mama, sua mãe elimina totalmente a possibilidade de ter o câncer. Além disso, é o alelo mutante do gene que pode contribuir para aumentar o risco de ter câncer de mama e não o gene, que está presente nos casos de pessoas com e sem câncer; com e sem o alelo mutante.*

É importante notar que a mutação no alelo do BRCA1 tem sim uma influência no aumento do risco com uma base causal, que se confirma através de pesquisas sobre os mecanismos envolvidos na função desse gene e sobre como o câncer se desenvolve. No entanto, como vimos, ter um alelo mutante do gene BRCA1 não é algo que preveja com certeza que a pessoa desenvolverá o câncer de mama.

Por favor avalie a atividade 1, preenchendo tabela 2, a seguir. A tabela está dividida entre os objetivos de ensino e de aprendizagem, estes separados entre conceituais, procedimentais e atitudinais. Por favor, atente-se para preencher todos os campos e, caso marque uma opção diferente de sim, comente no espaço à direita da tabela, reservado para tal. Escreva o quanto achar

³ Os textos estão no anexo 2 – Manual do professor.

necessário, independente da formatação atual da tabela. Ela se ajustará ao conteúdo digitado.

Tabela 2. Avaliação da atividade 1.

Seção	Ações	Objetivos	Você considera que as ações e a atividade estão condizentes com os objetivos?	Justificativas, comentários ou sugestões
Aula 1 Atividade 1	O professor distribuirá folhas com a atividade e orientará os alunos a fazê-la. Sugerimos em grupos de 4 a 5 alunos, porém o professor escolherá de acordo com a sua turma. Aqui, o professor atuará orientando os alunos e tirando eventuais dúvidas. Caso ache necessário, pode fazer uma correção com a sala ou fornecer o gabarito aos alunos.	<u>Objetivos de ensino da aula</u> 1 Discutir as relações entre mutações no alelo do gene BRCA1 e câncer de mama 2 Apresentar a noção de risco genético	<u>Objetivos de ensino da aula</u> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não	
		<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> CONCEITUAIS C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7	<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> CONCEITUAIS <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não	
		<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> PROCEDIMENTAIS P2 P3 P4 P5	<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> PROCEDIMENTAIS <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não	
		<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> ATITUDINAIS A1 A2	<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> ATITUDINAIS <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não	
		Tempo da atividade: <u>30 minutos</u>	<u>O tempo sugerido é adequado? *</u> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> é pouco tempo <input type="checkbox"/> é muito tempo	*caso marque uma opção diferente de sim, por favor sugira uma duração mais adequada

PARA ANALISAR - PARTE 3

A atividade 2, denominada *Adivinha só!* propõe pincelar outros motivos, interferências ambientais, que podem afetar o risco de uma pessoa ter câncer de mama. Essa é uma atividade de cartões que podem ser usados de algumas maneiras pelos alunos. Os cartões são a única coisa que chegará às mãos dos alunos. O professor terá um papel proeminente, em especial na segunda parte da atividade, por isso reproduzimos aqui também alguns materiais direcionados ao professor, que estão na cor azul por esse motivo. Veja a seguir:

Jogo *Adivinha só!*: [tempo de execução: variável de acordo com a opção do professor]

Hoje temos uma série de informações sobre fatores não genéticos que contribuem para aumentar ou reduzir o risco de desenvolver o câncer de mama. A atividade a seguir propõe um jogo para explorar esse conhecimento, de forma que os alunos possam perceber também a influência ambiental em características fenotípicas - o câncer, nesse caso.

Material: 20 cartelas contendo os fatores que podem ou não influenciar no risco de ter câncer de mama.

O importante nessa atividade é que os alunos se questionem sobre a ideia de que os genes atuam sozinhos, descontextualizados, na constituição de um fenótipo. Quando um gene contribui para uma característica, ele o faz em interação com outros genes e com outros fatores, por exemplo, ambientais e de estilo de vida. O professor pode escolher uma das opções abaixo para realizar a atividade, de acordo com o que for mais adequado para sua turma.

Opção 1 [30min]: o professor tem as cartas em mãos e sorteia cada tópico, pedindo para que os alunos se posicionem com relação à influência do mesmo. Por exemplo: carta “Amamentar” - devem levantar as mãos primeiro os que acham que há influência da amamentação no desenvolvimento do câncer de mama, depois levantar as mãos quem julga que não influencia. Depois ele deve

pedir justificativas de voluntários dos dois grupos, de forma a promover uma discussão acima das justificativas dos mesmos. Há uma explicação para cada item nas cartelas, baseada num documento da Sociedade Norte-Americana do Câncer. Como são muitas coisas a discutir, o professor pode priorizar o que achar mais interessante para a turma, de acordo com as discussões levantadas pelos alunos.

Opção 2 [50min]: caso o professor tenha disponibilidade e priorize o trabalho em grupo, essa atividade também viabiliza essa possibilidade. Cada grupo deve ter todas as cartas e, em conjunto, os alunos devem optar por colocar cada carta em uma categoria diferente: classificar os fatores como influentes ou não influentes para o câncer de mama. Cada grupo deverá discutir os motivos pelos quais classificou cada fator e elaborar pequenos argumentos, que serão discutidos com toda a turma num momento posterior, para que possam argumentar com outros alunos, se posicionar e até mesmo mudar de opinião, caso outras equipes tenham bons argumentos. Durante a discussão e argumentação sobre as opiniões dos alunos, o professor pode orientá-los de acordo com as explicações.

Note que, apesar de alguns fatores terem um papel inconclusivo sobre o desenvolvimento do câncer de mama, propomos que a atividade seja estruturada de maneira que os alunos lidem com apenas duas categorias: ter ou não influência. Essa escolha diz respeito a dar-lhes oportunidade para exercerem sua capacidade argumentativa. É interessante que o professor introduza na discussão final que nem todos os fatores são influentes ou não, mas que alguns fatores foram estudados e os resultados sobre eles podem ser inconclusivos, abrindo caminho para mais investigações científicas.

Influencia

Ter mais de 55 anos
 Número de gravidezes
 Idade da primeira gestação
 Ter pelo menos uma gestação
 Amamentar
 Possuir tecido mamário denso
 Primeira menstruação antes de 12 anos de idade
 Menopausa depois dos 55 anos de idade
 Histórico familiar de câncer de mama
 Já ter tido um câncer de mama antes
 Uso de contraceptivos hormonais
 Exposição à radiação
 Ingestão abusiva de álcool
 Etnia: caucasianos, asiáticos, afrodescendentes, hispânicos, indígenas
 Sedentarismo
 Obesidade

Inconclusivo

Ser fumante
 Alimentação saudável
 Trabalhar durante a noite

Não influencia⁴

Uso de desodorante
 Colocar prótese de silicone nos seios
 Uso de suplementos vitamínicos
 Uso constante de sutiã
 Nascer de cesariana ou parto normal*
 Estar constantemente com gripe*
 Uso de produtos químicos no cabelo*
 Levar soco nos seios*
 Ter relações sexuais com muita frequência*
 Uso de contraceptivos por barreira. Ex: camisinha*
 Formato do mamilo*
 Colocar piercing ou fazer tatuagem nos mamilos*

⁴ Os itens marcados com * foram adicionados pelas pesquisadoras e não possuem influência ou pesquisas sobre eles não foram realizadas.

Por favor avalie a atividade 2, preenchendo tabela 3, a seguir. A tabela está dividida entre os objetivos de ensino e de aprendizagem, estes separados entre conceituais, procedimentais e atitudinais. Por favor, atente-se para preencher todos os campos e, caso marque uma opção diferente de sim, comente no espaço à direita da tabela, reservado para tal. Escreva o quanto achar necessário, independente da formatação atual da tabela. Ela se ajustará ao conteúdo digitado.

Tabela 3. Avaliação da atividade 2.

Seção	Ações	Objetivos	Você considera que as ações e a atividade estão condizentes com os objetivos?	Justificativas, comentários ou sugestões
Aula 2 Atividade 2	O professor distribuirá os cartões e orientará os alunos sobre a atividade. O professor atuará de acordo com a opção de atividade que escolher,	<u>Objetivos de ensino da aula:</u> 1 Estimular o pensamento crítico sobre a possibilidade de fatores ambientais influenciarem ou não no risco de desenvolver câncer de mama. 2 Mostrar que existem fatores ambientais, além dos genéticos,	<u>Objetivos de ensino da aula</u> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não	

mas, em ambos os casos, fomentará a discussão.	atuando em nossa saúde		
	<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> CONCEITUAIS C1 C5 C6 C7 C8	<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> CONCEITUAIS <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não	
	<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> PROCEDIMENTAIS P3 P5	<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> PROCEDIMENTAIS <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não	
	<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> ATITUDINAIS A1 A2 A4	<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> ATITUDINAIS <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não	
	<u>Opção 1: 30 min</u>	<u>O tempo sugerido é adequado?*</u> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> é pouco tempo <input type="checkbox"/> é muito tempo	*caso marque uma opção diferente de sim, por favor sugira uma duração mais adequada
	<u>Opção 2: 50 min</u>	<u>O tempo sugerido é adequado?*</u> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> é pouco tempo <input type="checkbox"/> é muito tempo	*caso marque uma opção diferente de sim, por favor sugira uma duração mais adequada

PARA ANALISAR - PARTE 4

A atividade 3 (100min) é a última e envolve tomada de decisões pelos alunos frente a uma noção de risco e a partir de resultados informados por um teste genético. Sugerimos que os questionamentos sejam respondidos em casa

individualmente e a aula seja usada para compartilhar as respostas com a turma, ampliando os pontos de vista individuais. Confira a seguir:

[aproximadamente 100 min]

A atividade a seguir expõe os alunos a uma situação hipotética de tomada de decisão importante em relação não só à saúde física, mas também à saúde mental e a outros aspectos sociais.

Sugerimos que os alunos respondam aos questionamentos em casa, pois exigem reflexão sobre as decisões. Dessa maneira, eles podem elaborar os seus argumentos no seu próprio tempo. É interessante que essa aula seja utilizada para que as respostas sejam compartilhadas com a turma, havendo troca de informações que possam contribuir com uma visão mais abrangente dos questionamentos levantados na atividade a partir dos diferentes pontos de vista, destacando a importância de entender que cada indivíduo pode pensar por ângulos diferentes.

Algumas informações e questionamentos estão disponíveis no quadro “para refletir”, ao final da atividade. Sugerimos que ele fique como uma reflexão para ser feita em casa pelo aluno, após toda a discussão na aula. Caso o professor queira, ele pode retomar essas discussões numa aula posterior.

A decisão tomada por Angelina Jolie envolve usar o resultado de um teste genético e informações sobre outros fatores que influenciam no risco de desenvolver câncer de mama para tomar uma decisão importante e difícil, visando a prevenção do câncer de mama. Como Camila estava nessa mesma situação, Sofia decidiu perguntar a ela se havia considerado de fato todas as alternativas. Então, Camila lhe mostrou tudo o que havia pesquisado, a fim de deixar sua filha tranquila. De início, ela tinha que decidir se faria ou não o teste genético para saber se tinha a mutação no alelo do gene BRCA1.

Primeiro, convém saber em que contexto é recomendado fazer o teste genético. Camila procurou em alguns sites e compilou os seus achados. Se um indivíduo possui pelo menos um desses contextos, é indicado que se faça o teste genético.

HOMENS OU MULHERES⁴

Você tem 2 ou + parentes de até segundo grau que já tiveram câncer de mama (1º grau: pai ou mãe, filhas ou filhos, irmãs e irmãos; 2º grau: avós ou avôs, netas ou netos, tias ou tios, sobrinhos ou sobrinhas, meio-irmão ou meio-irmã)

Você tem parentes de até segundo grau com mutações nos alelos dos genes BRCA1 ou BRCA2

MULHERES

Você já teve câncer de mama e/ou ovário E tem mais casos na família em parentes de até segundo grau (1º grau: pai ou mãe, filhas ou filhos, irmãs e irmãos; 2º grau: avós ou avôs, netas ou netos, tias ou tios, sobrinhos ou sobrinhas, meio-irmão ou meio-irmã)

Você teve câncer de mama e ovário ou câncer de mama bilateral em qualquer idade

Você teve câncer de mama ou de ovário antes da menopausa

HOMENS

Você teve câncer de mama

⁴ Esses critérios foram compilados com base em: <http://www.fleury.com.br/medicos/educacao-medica/artigos/Pages/marcadores-geneticos-de-predisposicao-ao-cancer-de-mama.aspx>. Acesso em 19 fev 2018.

Entre as opções, temos:

- Avisar ao médico quaisquer mudanças percebidas através de observação regular das mamas - por exemplo, com autoexame.
- Exames mais frequentes por médico especialista, como mamografias periódicas ou ressonância magnética dos seios (para meninas mais jovens ou com mamas mais densas).
- Opções cirúrgicas:
 - Remoção do tecido mamário para reduzir o risco de câncer de mama
 - Remoção de ovários e tubas uterinas para reduzir o risco de câncer de mama
- Medicação
- Mudança de estilo de vida⁵ (por exemplo: não ingerir álcool, mudanças no hábito alimentar, reduzir o peso, reduzir o stress)

Essas opções também geram alguns questionamentos para os quais devemos estar atentos:

- Existem os prós e os contras de fazer exames com uma alta frequência, principalmente aqueles com incidência de radiação.
- Lembre-se que uma cirurgia é um método muito agressivo e invasivo e há necessidade de se tomar uma anestesia geral. Mas é o que mais reduz mais o risco de desenvolver câncer de mama, apesar de não o eliminar.
- Opções não cirúrgicas diminuem menos o risco, mas preservam o corpo de uma intervenção mais invasiva, sendo que há possibilidade de desenvolver ou não o câncer de mama.
- Leve em consideração que a família e tudo o que ela envolve são fatores importantes, como, por exemplo, ter pessoas dependentes (como filhos ou pais idosos) ou vontade de ter mais filhos. Esses são fatores que também afetam a decisão e têm pesos consideráveis para a rotina familiar e para as finanças.
- Lembre-se, ainda, que Camila é um ser humano e tem dúvidas, anseios e medos com relação à incerteza de uma doença que pode ser grave.

⁵ Hachemi, S.H.B; Karimi, S. Mahboobi, H. **Lifestyle changes for prevention of breast cancer.** Electronic physician, v.6(3), 2014

Então, leve em consideração os aspectos psicológicos que podem afetar Camila e sua família.

- Pesando os prós e contras em diferentes situações hipotéticas, colocamos a seguir diversos cenários em que Camila poderia estar envolvida e gostaríamos que você aconselhasse as atitudes de Camila, sabendo que é possível combinar diversas recomendações.

1. Camila tem um plano de saúde que cobre as consultas médicas frequentes e exames periódicos, a cirurgia preventiva para a remoção do tecido mamário, dos ovários e tubas uterinas e a prótese de reconstrução das mamas. Mas é inviável Camila alterar seu estilo de vida pois depende financeiramente de seu trabalho, que é altamente estressante e não deixa tempo de sobra para praticar atividades físicas. Nesse caso, o que você indicaria?
2. Caso Camila tenha um plano de saúde que cubra a consulta médica frequente e exames periódicos, a cirurgia preventiva para a remoção do tecido mamário, dos ovários e tubas uterinas, mas não a prótese de reconstrução das mamas. No entanto, Camila pode alterar seu estilo de vida. Nesse caso, ela teria que pensar muito sobre sua auto-estima e o papel físico e psicológico dos seios em sua vida, pois ficaria sem eles até que conseguisse o procedimento de reconstrução das mamas pelo SUS, o que pode demorar anos. O que você indicaria?
3. Camila tem um plano de saúde que cobre a consulta médica frequente e exames periódicos, mas só cobre a cirurgia e a prótese em caso do aparecimento do câncer, impossibilitando Camila de fazer essa cirurgia de modo preventivo. Levando em consideração que Camila se disponibilizaria a mudar seu estilo de vida, o que você indicaria?
4. O SUS não cobre a cirurgia preventiva e Camila não consegue mudar seu estilo de vida, pois tem uma vida muito corrida e depende do trabalho para sustentar financeiramente a família, então não consegue tempo para cozinhar, fazer academia ou introduzir atividades relaxantes em sua rotina. Se ela depender exclusivamente do SUS e, na sua cidade for

relativamente fácil e rápido marcar consultas e exames, o que você indicaria a ela?

5. O SUS não cobre a cirurgia preventiva e Camila ainda não entende a importância de mudanças no estilo de vida. Se Camila depender exclusivamente do SUS e na sua região a marcação de médicos e exames fosse difícil, o que você indicaria?

Você já parou para pensar que seios são uma parte bastante delicada e importante para a maioria das mulheres? Para uma parte grande das mulheres, representam sua feminilidade. A retirada ou não das mamas é uma decisão que envolve grande complexidade psicológica e, portanto, seu significado é individual e único e deve ser respeitado. Como você vê a questão dos seios femininos para pessoas lidando com o risco de uma doença como o câncer de mama?

Quais outros fatores você acha que seriam importantes na decisão da Camila?

Para essas perguntas, não existem respostas prontas, mas esperamos que os estudantes sejam capazes de examinar cada situação para elaborar seus argumentos, que devem conter ponderações e empatia. A quantidade de linhas é apenas uma sugestão e o professor pode deixar livre o espaço para que sejam respondidas.

É interessante que o professor faça uma dinâmica de leitura das respostas, de modo que os alunos possam saber quais foram as considerações feitas por seus colegas e enxergar pontos de vista diferentes do seu, complementando ou até mesmo refutando alguns pensamentos, de modo a perceber que cada decisão carrega consigo um peso das vivências individuais, que deve ser respeitado e valorizado, para além do conhecimento médico e científico.

Como você pôde perceber, não é trivial lidar com dados genéticos, pois a maioria deles não nos dá certeza sobre o que vai acontecer com o fenótipo, exceto para algumas síndromes genéticas, como, por exemplo, a *síndrome de Klinefelter* ou XXY, que produz homens com menos pelos, menos testosterona, menos massa muscular e mamas maiores que a média.

Precisamos evitar ter visões tão deterministas quanto aquela expressa na frase “acharam o gene para tal doença”, como se fala, por exemplo, no caso do diabetes e mesmo para características mentais, como a esquizofrenia. Talvez esse gene seja só mais uma peça no complexo quebra-cabeça do ser humano, que é um conjunto dos seus genes, metabolismo, ambiente, estilo de vida, características psicológicas e todas as interações entre esses fatores. Também não podemos perder de vista que a escolha por um tratamento também não é fácil, visto que cada ser humano tem um contexto de vida único, está inserido numa sociedade, com hábitos e culturas diferentes, com crenças religiosas distintas, com variados níveis de conhecimento sobre biologia e sobre câncer, desiguais oportunidades de acesso a tratamentos médicos e diversos fatores que podem influenciar na tomada de decisão de qual caminho seguir.

Para Refletir

Algumas perguntas para se pensar ao decidir fazer ou não um teste genético:

- Como eu me sentiria ao esperar certo tempo pelo resultado? (aproximadamente 40 dias)
- Como eu reagiria a um resultado *inconclusivo*?
- Como eu reagiria a um resultado *positivo*, ou seja, de que uma mutação associada ao câncer foi encontrada?
- Como isso afeta minha percepção com relação ao câncer de mama? Pretendo buscar informações?
- Como eu reagiria psicologicamente?
- Como eu reagiria diante da minha família?
- O resultado poderia afetar a proximidade com meus parentes?
- Como eu penso que a doença afetaria meus filhos (crianças ou adultos) e futuros filhos?
- Como eu imagino que saber sobre a possibilidade da doença afetaria a minha rotina?

- Como eu imagino que saber sobre a possibilidade da doença afetaria minhas finanças?

Algumas possibilidades:

Em caso de resultado positivo:

- Aumento da consciência sobre o papel fisiológico e psicológico dos seios para a pessoa.
 - Conscientização da importância de avisar ao médico de quaisquer mudanças fisiológicas.
 - Aumento da conscientização da necessidade de exames regulares por médico especialista e do autoexame periódico.
 - Conscientização sobre a possibilidade, para meninas mais jovens, de fazer mamografia com/sem ultrassom ou ressonância magnética dos seios, dado que seu tecido mamário é mais denso e uma mamografia convencional não é capaz de uma análise correta.
 - Algumas mulheres podem considerar cirurgia, medicação ou mudança de estilo de vida para reduzir o risco de outro câncer de mama ou de ovário.
- Opções cirúrgicas:

- Remoção do tecido mamário para reduzir o risco de câncer de mama
 - Remoção de ovários e tubas uterinas após ter filhos, para reduzir o risco de câncer da mama, já que há redução da produção de hormônios, como estrogênio e progesterona.

Finanças:

- Custo do teste genético: a Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS) estabeleceu a obrigatoriedade de os planos de saúde cobrirem o exame, mas a rede pública não o oferece.
- Em laboratórios privados, o custo varia com o tipo do exame. Em 2017, por exemplo, havia testes custando R\$ 990,00 reais, para apenas um gene, até R\$16.000,00 reais, para fazer um teste que verifica mutações em vários genes relacionados à susceptibilidade para doenças, inclusive

BRCA1 e BRCA2. Seu preço varia a depender de quantos genes e/ou para quais doenças o paciente será analisado.

Plano de saúde no Brasil

- Sua decisão de fazer ou não o teste genético não influenciará seu plano de saúde atual. No entanto, se você tiver uma mutação, precisará alertar a seguradora sobre os resultados, caso troque de plano. Isso altera sua categoria em relação aos grupos de risco, alterando também o valor de um novo plano de saúde.
- Não é permitido forçar ninguém a fazer o teste genético se a pessoa não quiser.
- Não é permitido usar o resultado de um membro da família para avaliar outros membros da família quando forem se candidatar a um plano de saúde.
- A confidencialidade dos resultados deve ser garantida.
- A partir de 2014, a Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS) estabeleceu a obrigatoriedade de as seguradoras pagarem pelo teste genético de 29 doenças genéticas, incluindo câncer de mama e ovário (para os genes BRCA1 e BRCA2). Mas o exame deve ser solicitado por um geneticista. A lista está no site da ANS: <http://www.ans.gov.br/images/stories/noticias/pdf/a%20lista%20completa%20das%20doenas.pdf>

Baseado em:

<http://www.genetics.edu.au/publications-and-resources/booklets-and-pamphlets/understanding-genetic-tests-for-breast-and-ovarian-cancer-that-runs-in-the-family-information-and-decision-aid>

Por favor avalie a atividade 3, preenchendo tabela 4, a seguir. A tabela está dividida entre os objetivos de ensino e de aprendizagem, estes separados entre

conceituais, procedimentais e atitudinais. Por favor, atente-se para preencher todos os campos e, caso marque uma opção diferente de sim, comente no espaço à direita da tabela, reservado para tal. Escreva o quanto achar necessário, independente da formatação atual da tabela. Ela se ajustará ao conteúdo digitado.

Tabela 4. Avaliação da atividade 3.

Seção	Ações	Objetivos	Você considera que as ações e a atividade estão condizentes com os objetivos?	Justificativas, comentários ou sugestões
Aula 3 e 4 Atividade 3	Os alunos terão respondido às questões previamente. O professor fomentará discussão e compartilhamento de opiniões entre os alunos.	<u>Objetivos de ensino da aula:</u> 1 Promover a reflexão sobre desigualdade de oportunidades em relação à saúde 2 Estimular a escuta e a troca de opiniões individuais entre os estudantes	<u>Objetivos de ensino da aula</u> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não	
		<u>Objetivos de aprendizagem aluno:</u> CONCEITUAIS C1 C4 C5 C6 C7 C9 C10 C11	<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> CONCEITUAIS <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não	
		<u>Objetivos de aprendizagem aluno:</u> PROCEDIMENTAIS P1 P4 P5 P6 P7	<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> PROCEDIMENTAIS <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não	
		<u>Objetivos de aprendizagem aluno:</u> ATITUDINAIS A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7 A8 A9 A10 A11 A12	<u>Objetivos de aprendizagem do aluno:</u> ATITUDINAIS <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Parcialmente <input type="checkbox"/> Não	

		Tempo da atividade: <u>50 minutos</u>	<u>O tempo sugerido é adequado? *</u> <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> é pouco tempo <input type="checkbox"/> é muito tempo	*caso marque uma opção diferente de sim, por favor sugira uma duração mais adequada.
--	--	---------------------------------------	---	--

ANEXO 2 – MANUAL DIDÁTICO

Manual didático da SD “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo”

Olá, professora e professor. Aqui vocês encontram todo o roteiro da sequência didática: “Nossa saúde está escrita nos nossos genes? Desvendando a diferença entre correlação e causalidade através da abordagem da relação fenótipo-genótipo”.

Apresentamos as aulas roteirizadas, com um sumário do que acontecerá nas aulas e os momentos mais descritos. Além disso apresentamos, para cada aula, quais os objetivos de ensino da aula e os objetivos de aprendizagem divididos em objetivos conceituais, procedimentais e atitudinais, assim você pode entender até onde gostaríamos que as alunas¹ chegassem em cada etapa. Além desse roteiro disponibilizamos, também, os anexos destinados às alunas, que estão em documentos específicos prontos para serem impressos e entregues.

É importante ressaltar que nos baseamos em aulas de 50 minutos. Sinta-se livre para fazer adaptações caso entenda que sua turma necessita de mais ou menos tempo em cada atividade.

Nos colocamos à disposição para esclarecer quaisquer dúvidas que surgirem e abertas a relatos de aplicação e sugestões. O e-mail da autora principal é neimalice@hotmail.com.

Boa aula!

Neima, Andréa, Diogo e Charbel.

¹ Nesse manual adotaremos o plural genérico feminino substituindo o tradicional masculino. A justificativa você encontra na apresentação dessa tese, página 20.

Aulas 1 e 2: apresentando o caso de Sofia.

1. Apresentar a QSC
2. Alunas leem o texto e respondem às questões
3. Discussão das respostas

Momento 1: a professora distribuirá o caso de Sofia, com os textos de introdução. Inicialmente, faz-se uma leitura do caso de Sofia em voz alta com a turma.

Momento 2: após a leitura do caso, a professora orienta as alunas a lerem os textos introdutórios (de acordo com a turma, a professora escolherá se a leitura será individual ou em grupo).

Momento 3: a professora orienta alunas e alunos a fazer as atividades propostas. Sugerimos que sejam realizadas em grupos de 4 a 5 estudantes, porém, a professora escolherá de acordo com a sua turma.

Momento 4: a professora atuará orientando as alunas e tirando eventuais dúvidas durante a atividade. Ao final, a professora corrigirá as respostas com as estudantes. Sugestão para mais embasamento: textos 1 e 2).

Objetivos de ensino da aula:

1. Engajar as alunas no assunto a ser tratado;
2. Retomar conceitos básicos para evitar equívocos comuns na aprendizagem de genética;
3. Discutir as relações entre alelo mutante do gene BRCA1 e câncer de mama;
4. Apresentar a noção de risco genético.

Objetivos de aprendizagem:

Conceituais:

- C1 Questionar visões *deterministas genéticas*;
- C2 Reconhecer biologicamente o que é um câncer;

- C3 Explicar mais adequadamente a relação entre a presença de um alelo e os possíveis fenótipos associados;
- C4 Compreender a relação entre o alelo do gene BRCA1 e o câncer de mama;
- C5 Entender o que é risco e predisposição do ponto de vista biológico;
- C6 Distinguir a relação entre correlação e causalidade no domínio da genética;
- C7 Refletir sobre a complexidade dos sistemas biológicos, entendendo como genes e fenótipos se relacionam frequentemente de maneira complexa.

Procedimentais:

- P1 Ler e interpretar textos com atenção às informações principais;
- P2 Interpretar informações quantitativas apresentadas na forma de um gráfico;
- P3 Fazer cálculos simples para interpretação de dados;
- P4 Integrar dados para responder questões.

Atitudinais:

- A1 Assumir um posicionamento crítico ao determinismo genético, com consciência da complexidade das relações entre genes e fenótipos;
- A2 Trabalhar em grupo de forma colaborativa, estabelecendo diálogo e desenvolvendo a capacidade de escuta dos seus pares.

Momento 1: a professora distribuirá o caso de Sofia. Inicialmente, faz-se uma leitura em voz alta com a turma.

INÍCIO DA IMPRESSÃO:

Leia a seguinte história sobre o caso de Sofia.

Domingo, Camila estava assistindo televisão com sua filha, Sofia, e sua sogra, Dona Ruth, tranquilamente. Dona Ruth é a única avó que Sofia conheceu, pois sua avó materna faleceu antes que ela completasse um ano. Camila conversava muito com sua mãe sobre o câncer de mama que acabou levando sua avó a falecer e sabe que várias outras pessoas da família tiveram essa doença.

No intervalo da programação de domingo, Camila diz: “Pretendo fazer uma dupla mastectomia”. Dona Ruth arregala os olhos apavorada, enquanto Sofia tenta entender a situação. Camila explica que quer fazer uma dupla mastectomia, que significa retirar os dois seios, como fez a atriz Angelina Jolie. Camila descobriu em um teste genético que possui uma versão alterada do alelo do gene BRCA1, a mesma da atriz. “Isso significa que tenho mais risco de desenvolver o câncer de mama.”

“De onde você tirou essa ideia de teste genético, em primeiro lugar?”, questiona Dona Ruth. Camila explica que leu² sobre o caso da Angelina Jolie e decidiu procurar uma especialista para fazer o teste. Ela entendeu que o câncer de mama, no caso de sua família, poderia ser prevenido. No entanto, é sabido que a mastectomia reduz o risco de câncer de mama para menos de 5%, mas não elimina totalmente a possibilidade. “Hum, essas modernidades esquisitas... Como é que a gente vai confiar?!”, diz Dona Ruth. Em seguida, Sofia questiona:

² Fonte para o texto sobre o caso da Angelina Jolie: <http://saude.estadao.com.br/noticias/geral,leia-na-integra-o-depoimento-de-angelina-jolie-sobre-a-mastectomia,1031805>. Acesso em 27 nov de 2022.

“Mãe, se você tirar a mama, então, você vai tirar o gene e vai ficar tudo bem, nunca desenvolverá o câncer de mama?”

FINAL DA IMPRESSÃO

Momento 2: após a leitura do caso, a professora orienta as alunas a lerem os textos introdutórios (de acordo com a turma, a professora escolherá se a leitura será individual ou em grupo).

INÍCIO DA IMPRESSÃO

O texto a seguir trata de alguns conceitos importantes. Leia e responda às questões com base no caso de Sophia.

Em primeiro lugar, vamos relembrar alguns conceitos. Como somos seres eucariontes, nosso material genético está no núcleo das nossas células. No nosso caso, esse material genético é o DNA, que está enrolado em proteínas, formando o cromossomo. Nele, há diversas regiões importantes - as mais conhecidas são os genes.

Genes³ são trechos de DNA que codificam um ou mais produtos funcionais (proteínas ou RNAs). O local fixo no cromossomo onde se encontra um gene é o seu **locus**. Os genes têm **alelos**, que são versões de genes, com sequências específicas de nucleotídeos. Nas atividades a seguir, nos referimos a um alelo **não-mutado** como a versão tipicamente mais comum de um gene numa dada população, enquanto um **alelo mutante** é uma versão menos comum de um gene numa população. É comum esses alelos mais raros na população serem fruto de mutações que desfavorecem os indivíduos que as têm em relação aos outros de sua população. Essas mutações podem gerar características desvantajosas para várias atividades, como atrair parceiros para acasalamento ou alimentar-se. Contudo, mutações nem sempre são prejudiciais. Elas podem

³ Note que, a depender do nível de análise - sistêmico, celular, molecular -, a definição de gene se altera. Aqui está representada uma definição mais comum que é útil para a compreensão do que propomos.

também ser mutações que produzem um fenótipo que traz vantagens aos indivíduos que a carrega. Por fim, podem ser mutações neutras, ou seja, que não alteram características dos indivíduos ou causam alterações que não são nem mais nem menos vantajosas.

Um **câncer** é formado pela proliferação de células com alterações no DNA. Essas alterações fazem com que essas células se multipliquem de forma rápida e desordenada, perpetuando o DNA alterado e formando uma massa de células chamada de **tumor**. No câncer, esse tumor é maligno porque possui a capacidade de invadir outros tecidos, podendo se espalhar pelo corpo. Em caso contrário, trata-se de um tumor benigno. O câncer de mama é um tumor maligno que começa principalmente nas células da mama.

O **teste genético** que Camila fez é uma análise que examina o DNA e procura alterações nos genes que podem estar associadas a algumas doenças ou desordens. No caso de Camila, foi analisado o gene **BRCA1**, que foi inicialmente investigado por estar alterado em famílias que apresentavam câncer de mama.

É importante notar que o câncer de mama é uma condição que pode acometer tanto homens quanto mulheres. Em pessoas do sexo masculino, ele é bem mais raro, mas pode ocorrer. Ainda que a maioria dos casos aconteça em mulheres, o câncer de mama deve ser discutido por toda a sociedade, visto que a doença merece atenção de políticas públicas e o direcionamento de recursos públicos, o que envolve participação de todos os cidadãos. Além disso, homens e mulheres podem exercer o papel de suporte às mulheres que estão no seu círculo de convivência.

A relação entre genética e câncer de mama aqui discutida contribuirá para o seu entendimento dessa relação em outros cânceres, como o de próstata e testículos, e de outras características do fenótipo que tenham influência genética - da cor de pele à diabetes.

FINAL DA IMPRESSÃO

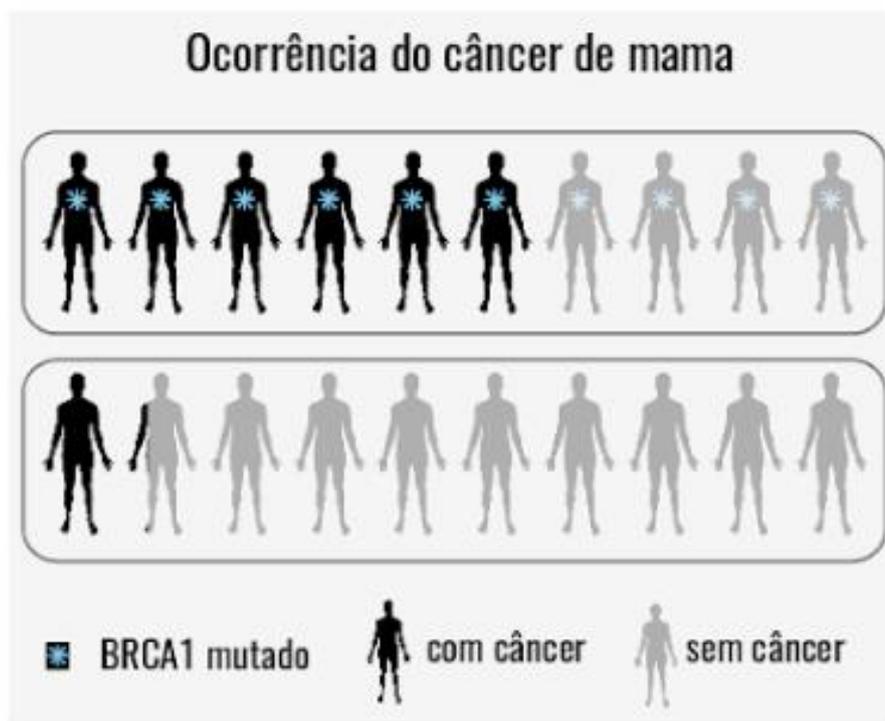
Momento 3: a professora orienta alunas e alunos a fazer as atividades propostas. Sugerimos que sejam realizadas em grupos de 4 a 5 estudantes, porém, a professora escolherá de acordo com a sua turma.

INÍCIO DA IMPRESSÃO

Agora, vamos compreender o problema por partes. Será que ter um alelo mutante do gene BRCA1 significa que Camila vai desenvolver câncer de mama? Para isso, vamos investigar a relação entre as variáveis “ter câncer de mama” e “ter um alelo mutante do gene BRCA1”.

A imagem a seguir representa as proporções de pessoas que, em estudos anteriores, desenvolveram câncer de mama em dois casos: entre aquelas que possuíam a mutação no gene BRCA1 e entre aquelas que não a possuíam. É importante notar que a presença da mutação ocorre pouco na população em geral: há 1 entre 500 casos.

Figura 1: Esquema ilustrando a proporção do câncer de mama em pessoas do sexo feminino que possuem (primeiro quadro) ou não (segundo quadro) um alelo mutante do gene BRCA1.

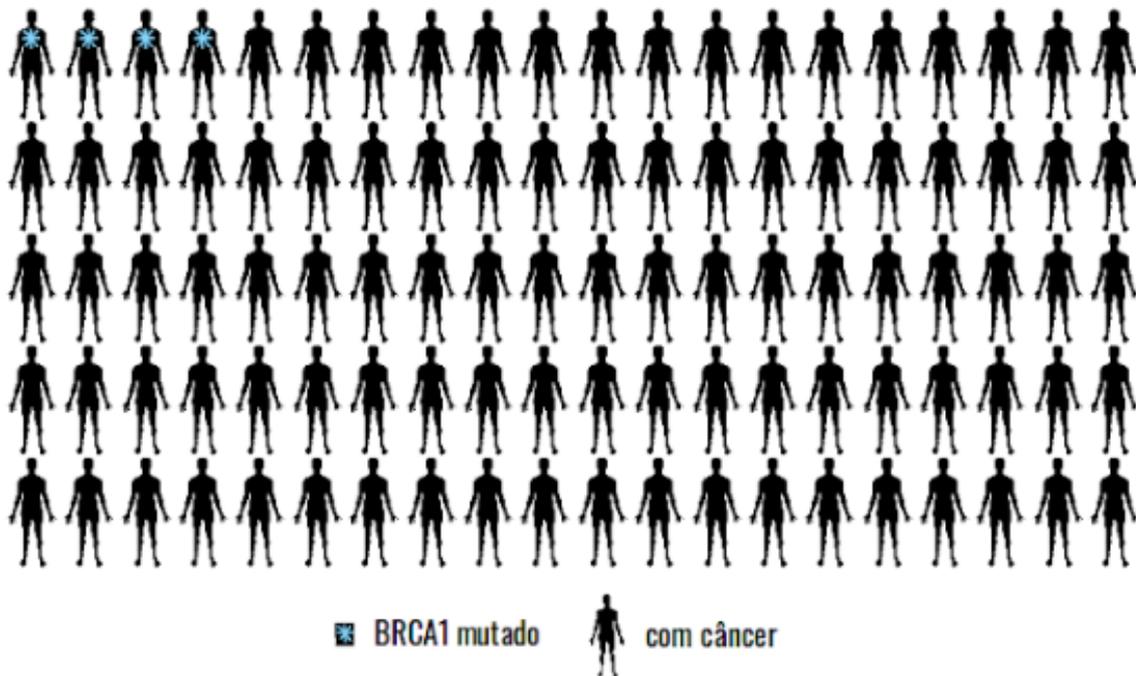


Fonte: elaborado pelas autoras. Dados obtidos de: <https://www.cancer.gov/news-events/cancer-currents-blog/2016/brca-testing-breast-cancer>, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-0004.2012.01859.x/full>. Silhueta humana produzida por: Theriot, J.E.

É importante também nos perguntarmos, dentre as mulheres com câncer, qual a proporção que possui a mutação no gene BRCA1. A imagem a seguir ilustra essa situação.

Figura 2. Proporção de pessoas com um alelo mutante no gene BRCA1 em pessoas do sexo feminino com câncer de mama.

Ocorrência do alelo mutante no gene BRCA1 em mulheres com câncer de mama



Fonte: elaborado pelas autoras. Dados obtidos de: <https://www.cancer.gov/news-events/cancer-currents-blog/2016/brca-testing-breast-cancer>, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-0004.2012.01859.x/full>. Silhueta humana produzida por: Theriot, J.E.

Responda às questões a seguir:

1. A presença do alelo mutante do gene BRCA1 garante que a pessoa terá câncer de mama? Explique com base na informação contida nas figuras.

2. A ausência do alelo mutante do gene BRCA1 garante que a pessoa não terá câncer de mama? Explique com base na informação contida nas figuras.
3. Dentre as pessoas com mutação no gene BRCA1, qual é a porcentagem que desenvolve câncer de mama?
4. Dentre as pessoas com câncer de mama, qual é a porcentagem que possui o alelo mutante do BRCA1?
5. Como você pôde perceber, dentre as pessoas com câncer de mama, poucas têm o alelo mutante do BRCA1. Mas, dentre as pessoas com a mutação, muitas desenvolvem o câncer de mama. Pensando nisso, perguntamos: será que a presença da mutação nos diz algo útil? Qual é a informação que ela carrega sobre o risco do desenvolvimento do câncer de mama para as pessoas que a possuem? Explique.
6. Dentre as pessoas sem o alelo mutante do BRCA1, qual é a porcentagem aproximada que desenvolve câncer de mama?
7. Camila poderia não ter câncer de mama? Justifique com elementos da figura.
8. Poucas pessoas com o câncer possuem o alelo mutante do gene BRCA1 mutado e algumas pessoas sem o alelo mutado acabam desenvolvendo câncer de mama. Às vezes, pode parecer que os genes controlam tudo na nossa vida, mas as coisas não são bem assim, como podemos ver nesse caso do câncer de mama. Nosso organismo é bastante complexo! Como explicar os casos de pessoas sem a mutação e com câncer de mama?
9. “Tirando a mama então você vai tirar o gene e vai ficar tudo bem?” Usando seus conhecimentos de genética, ajude Sofia a entender por que seu raciocínio não faz sentido biologicamente. Se necessário, releia o texto e as suas respostas às perguntas anteriores.

FINAL DA IMPRESSÃO.

Momento 4: a professora atuará orientando as alunas e tirando eventuais dúvidas durante a atividade. Ao final, a professora corrigirá as respostas com as estudantes.

Professora, caso as alunas se interessem pelo porquê de o câncer de mama ser mais raro em homens, segue uma explicação breve e simplificada: em geral, nos homens, há menos tecido mamário e menos exposição a hormônios como o estrogênio, que aumenta o número de divisões das células das glândulas mamárias, levando assim a uma maior quantidade de replicações de DNA e, logo, a uma maior possibilidade de haver mutações decorrentes de erros nessas replicações.

Questões e respostas esperadas:

A presença do alelo mutante do gene BRCA1 garante que a pessoa terá câncer de mama? Explique com base na informação contida nas figuras. *Resposta esperada: não, pois há casos de mulheres com o alelo mutante do gene BRCA1 que não apresentam câncer de mama.*

A ausência do alelo mutante do gene BRCA1 garante que a pessoa não terá câncer de mama? Explique com base na informação contida nas figuras. *Resposta esperada: não, pois há mulheres com alelo não-mutado do gene BRCA1 que têm câncer de mama.*

Dentre as mulheres com mutação no gene BRCA1, qual é a porcentagem que desenvolve câncer de mama? *Resposta: 60%*

Dentre as mulheres com câncer de mama, qual é a porcentagem que possui o alelo mutante do gene BRCA1? *Resposta: 4%*

Como você pôde perceber, dentre as mulheres com câncer de mama, poucas têm o alelo mutante do gene BRCA1. Mas, dentre as mulheres com a mutação, muitas desenvolvem o câncer de mama. Pensando nisso, perguntamos: será que a presença da mutação nos diz algo útil? Qual é a informação que ela

carrega sobre o risco do desenvolvimento do câncer de mama para as mulheres que a possuem? Explique. *Resposta esperada: sim. A mutação do gene BRCA1 não nos dá certeza de que a mulher vai desenvolver o câncer de mama. Mas a presença da mutação sugere que há maior risco de desenvolver câncer de mama. Podemos também ter uma visão mais clara sobre a dimensão do risco acrescido pelo alelo mutante.*

Dentre as mulheres sem o alelo mutante do gene BRCA1, qual é a porcentagem aproximada que desenvolve câncer de mama? *Resposta: por volta de 12%*

Camila poderia não ter câncer de mama? Justifique com elementos da figura. *Resposta esperada: Camila tem a mutação no gene BRCA1, mas, apesar de ter maior risco de desenvolver câncer de mama (60% contra 12% dentre as pessoas que apresentam o alelo não-mutado), existe a possibilidade de que nunca venha a desenvolvê-lo.*

É importante o professor comentar que outros fatores influenciam no desenvolvimento do câncer de mama além do gene BRCA1, sendo que eles podem contribuir para que o fenótipo não se desenvolva. A atividade 2 - Adivinha só! - discutirá esse assunto.

Poucas mulheres com o câncer possuem o alelo mutado do gene BRCA1 e algumas mulheres sem o alelo mutado acabam desenvolvendo câncer de mama. Às vezes pode parecer que os genes controlam tudo na nossa vida, mas as coisas não são bem assim, como podemos ver nesse caso do câncer de mama. Nosso organismo é bastante complexo! Como explicar os casos de pessoas sem a mutação e com câncer de mama? *Resposta esperada: Existem outros fatores influenciando o aparecimento desse fenótipo, além da contribuição genética.*

O professor pode discutir em seguida que a mutação no gene BRCA1 tem relação causal com o câncer de mama, como já foi relatado em várias pesquisas e também corroborado através de estudos sobre a função desse gene. Porém,

não é a única causa e nem é suficiente em todos os casos para que o câncer de mama se desenvolva.

Os textos 1 e 2 podem ser usados pelo professor para se embasar a este respeito.

“Tirando a mama então você vai tirar o gene e vai ficar tudo bem?”

Usando seus conhecimentos de genética, ajude Sofia a entender por que seu raciocínio não faz sentido biologicamente. Se necessário, releia o texto e as suas respostas às perguntas anteriores. *Resposta: Espera-se que o aluno chegue, em um primeiro momento, a concluir que Sofia não compreende que todos os nossos genes estão em todas as células do corpo, apesar de se expressarem diferentemente em cada tecido. Em um segundo momento, o aluno deve identificar a conclusão errada de Sofia ao inferir que, tirando a mama, sua mãe elimina totalmente a possibilidade de ter o câncer. Além disso, é o alelo mutante do gene que pode contribuir para aumentar o risco de ter câncer de mama e não o gene em si, que está presente nos casos de pessoas com e sem câncer; com e sem o alelo mutante.*

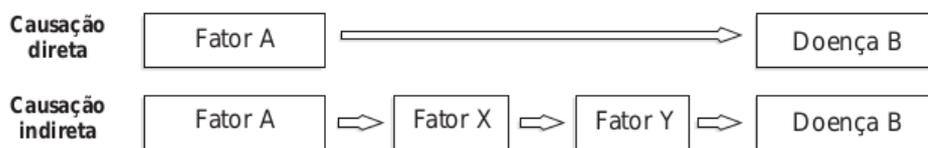
É importante notar que a mutação no gene BRCA1 tem sim uma influência no aumento do risco e que essa influência tem uma base causal, como evidenciado através de pesquisas sobre os mecanismos envolvidos na função desse gene e sobre como o câncer se desenvolve. No entanto, como vimos, ter um alelo mutante do gene BRCA1 não é algo que preveja com certeza que a pessoa desenvolverá o câncer de mama.

TEXTO 1: Causas em epidemiologia

A epidemiologia estuda os fatores causais que determinam a frequência e distribuição de doenças em grupos de pessoas, os padrões espaciais e temporais da distribuição desses fatores causais, assim como a evolução e prevenção das doenças. Os fatores estudados pela epidemiologia podem ser causas diretas ou indiretas (Figura 1).

Na causação direta, o fator A causa a doença B, enquanto na indireta o fator A causa a doença B mediante interação com outros fatores, os fatores de risco. A causação indireta é a mais comum na saúde humana.

Esquema das formas direta e indireta de causalidade



Fonte: Adaptado de L. Gordis, 1996

Figura 1. Formas direta e indireta de causalidade. Fonte: WALDMAN, 1998

As causas podem ser classificadas como necessárias e/ou suficientes. Um exemplo de causa necessária é o vírus da gripe. Possuir o vírus da gripe é fator necessário para que se desenvolva a gripe. Mas ele não é suficiente, pois um organismo saudável, ainda que possua o vírus, pode não desenvolver a doença. Portanto, a causa suficiente é multifatorial neste caso, ou seja, envolve não somente o vírus, mas uma diversidade de outros fatores de risco.



Figura 2. Diferença entre causa componente, suficiente e necessária.

Veja a figura 2, que nos permite compreender a diferença entre causa componente, suficiente, necessária e complementar. A, B, C, D, E são causas componentes. A é causa necessária, mas não suficiente. B e C são causas complementares à causa A, na causa suficiente 1. O mesmo raciocínio se aplica à causa suficiente 2, com as causas D e E. As causas suficientes 1 e 2, como envolvem várias causas, são exemplos de causa suficiente multifatorial. Note também que a mesma condição pode ter mais de uma causa suficiente, ainda que possa envolver uma mesma causa necessária (no exemplo, A).

Tendo isso em mente, podemos aplicar esse modelo de causas no caso do câncer de mama. Vários fatores influenciam seu desenvolvimento e, portanto, este é um caso de causa suficiente multifatorial. A mutação no alelo do gene BRCA1 é uma causa componente muito relevante, mas não é necessária e nem suficiente sozinha. Ela não é necessária porque uma pessoa sem o alelo mutante do gene BRCA1 pode ter câncer de mama. Ela não é suficiente porque o câncer de mama não resulta jamais da mutação no alelo do gene BRCA1 apenas, estando envolvidas causas complementares.

Mas, ela não é qualquer tipo de causa componente. A mutação no alelo do gene BRCA1 é o que chamamos de causa predisponente, relacionada à hereditariedade, nesse caso. As causas predisponentes criam condições para o surgimento da doença. Outros exemplos de fatores predisponentes ao câncer de mama seriam idade maior de 55 anos, ser mulher e existência prévia de agravos à saúde, como a obesidade após a menopausa. Quando a pessoa tem uma causa predisponente, seu risco de ter a doença aumenta em relação ao resto da população.

Referência Bibliográfica:

WALDMAN, E. A.; ROSA, T. E. da C. **Vigilância em saúde pública**. 1998 <<http://www.ceap.br/material/MAT23022012204547.pdf>> Acesso em 24/05/2017.

TEXTO 2: A Função do gene BRCA1

Antigamente, não se sabia sobre a relação do gene BRCA1 com alelo mutado com câncer de mama. Mas, como havia muitos casos familiares da doença, a pesquisadora Marie-Claire King, da Universidade de Washington (Estados Unidos), e sua equipe suspeitaram que poderia haver uma associação. Quando essa associação foi confirmada e positiva, passou-se a procurar os motivos pelos quais esse gene poderia influenciar o fenótipo câncer de mama.

Hoje sabemos que a proteína que é codificada pelo gene BRCA1 possui diversas funções:

- Reparo de quebras duplas de DNA (quando as duas fitas são quebradas em um mesmo ponto)
- Regulação da transcrição: faz parte do centro da maquinaria de transcrição da RNA polimerase II
- Regulação do ciclo celular: fosforila outras proteínas responsáveis por parar o ciclo celular nos checkpoints. Os checkpoints são importantes para a célula ter a oportunidade de sondar várias coisas, entre elas, a integridade do DNA.
- Apoptose dependente de p53: o produto do gene BRCA1 fosforila p53, proteína que induz p21, um inibidor de ciclinas. As ciclinas em alta concentração sinalizam para a célula que ela pode passar para a próxima fase do ciclo celular. Com BRCA1 danificado, as ciclinas ficam em alta concentração e a célula passa para a próxima fase sem sondar se há algo errado. Isso pode levar ao não reparo de erros de replicação, que pode levar a um maior descontrole da divisão celular, um dos processos relacionados à formação de câncer.

Sabemos também que o gene BRCA1 é um supressor de tumores. Com uma cópia não mutada, a célula ainda é capaz de produzir em quantidades suficientes a proteína que desempenha as funções celulares mencionadas acima. Isso significa que é necessário ter mutações nos dois alelos para que o tumor seja desencadeado - ou seja, a expressão do fenótipo cancerígeno é

recessiva. Isso facilita a hereditariedade da mutação: quando em heterozigose na linhagem de células germinativas, pais podem ser portadores e gerar filhos também portadores. O fato de serem portadores aumenta o risco de terem câncer pelo simples fato de que basta mais uma mutação para a doença ser expressa.

Existem os oncogenes que, pelo contrário, são dominantes: uma mutação em apenas um dos dois alelos aumenta a expressão da proteína a ele correspondente. São mutações de ganho de função. Antes de sofrer mutação, esses genes não são nocivos de maneira alguma. Na verdade, produzem proteínas cruciais para o bom funcionamento celular - em geral, têm a ver com o controle do ciclo celular, como é o caso do gene *myc*, que produz um sinal para proliferação celular. Uma mutação em um alelo que interfira na função da proteína já é capaz de alterar o funcionamento da célula: no caso do *myc*, ela passa a se reproduzir quando células normais não o fariam, de forma descontrolada. Se isso ocorre juntamente com outras alterações (como em outros proto-oncogenes e em genes supressores de tumor), a célula pode se tornar tumoral.

Vale ressaltar que tumor é diferente de câncer. Tumor é uma proliferação anormal das células, enquanto câncer tem as seguintes características: sinais de proliferação contínuos; evasão dos supressores de tumor; evasão da destruição pelo sistema imunológico; imortalidade replicativa possibilitada; inflamação que promove tumor; invasão e metástase (quando o tumor invade um tecido vizinho); indução de angiogênese (formação de vasos sanguíneos que acabam irrigando o tumor e contribuindo para seu crescimento); mutação e instabilidade do genoma (ele fica mais suscetível a alterações que, se forem negativas aumentam a agressividade do câncer); resistência a morte celular, desregulação da produção energética da célula.

Para saber mais sobre Marie-Claire King:

Grupo de pesquisa (em inglês)- <http://www.gs.washington.edu/faculty/king.htm>

Reportagem (em inglês) - https://www.nytimes.com/2015/02/10/science/mary-claire-kings-pioneering-gene-work-from-breast-cancer-to-human-rights.html?_r=0

Referências:

Banerjee, S. **BRCA1 (breast cancer 1, early onset)**. Atlas Genet Cytogenet Oncol Haematol. 2008; 12(3):197-200. <<http://atlasgeneticsoncology.org/Genes/BRCA1ID163ch17q21.html>> Acesso em 24/05/2017.

Katherine M. Hyland, K.M. Tumor Suppressor Genes and Oncogenes: Genes that Prevent and Cause Cancer. Biochemistry/Molecular Biology Lecture. UCSF. Disponível em <<http://biochemistry2.ucsf.edu/programs/ptf/m3%20links/TumorSuppressLEC.pdf>>. Acesso em 15/02/2018.

Sébastien L. Floor, Jacques E. Dumont, Carine Maenhaut, Eric Raspe. **Hallmarks of cancer: of all cancer cells, all the time?** Trends in Molecular Medicine, Volume 18, Issue 9, 2012, pp. 509-515. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2011.02.013>

Aula 3: Jogo Adivinha só!

1. Atividade *Adivinha só* (cartas para impressão e para instruções e embasamento da discussão);
2. Distribuição da atividade para ser feita em casa.

Momento 1: As alunas devem se dividir em grupos.

Momento 2: Com as cartas do jogo na mão, a professora sorteia cada tópico, pedindo para que cada grupo se posicione com relação à influência de cada fator para o desenvolvimento ou não desenvolvimento do câncer de mama. A professora também pode imprimir as cartas e distribuir para os grupos e deixar que eles realizem a atividade sozinhos. Por exemplo: na carta “Amamentar”, cada grupo deve discutir e escrever na tabela se acha que há influência da amamentação no desenvolvimento do câncer de mama e se esta influência se daria de modo a aumentar ou diminuir as chances de desenvolver o câncer de mama, ou se acha que não há influência do fator. Os grupos devem traçar argumentos que apresentem seu raciocínio e, assim, justifiquem seus juízos sobre cada fator.

Momento 3: Ao final, a professora pergunta o que eles concluíram sobre cada fator, discute o raciocínio e a justificativa de cada grupo, apresenta a posição da Sociedade Norte-Americana do Câncer⁴, baseada em estudos científicos, e discute opiniões e argumentos com as alunas após os dados científicos apresentados. Como são muitas coisas a discutir, a professora pode priorizar o que achar mais interessante para a turma, de acordo com as discussões levantadas pelas estudantes ou agrupar os fatores em grupos.

Momento 4: distribuir atividade para ser feita em casa.

Objetivos de ensino da aula:

⁴ Mais instruções e a posição da Sociedade Norte-Americana do câncer encontram-se no manual didático, no Anexo 2.

1. Estimular o pensamento crítico sobre a possibilidade de fatores ambientais influenciarem ou não no risco de desenvolver câncer de mama;
2. Mostrar que existem fatores ambientais, além dos genéticos, atuando em nossa saúde.

Objetivos de aprendizagem:

Conceituais:

- C1 Questionar visões deterministas genéticas;
- C5 Entender o que é risco e predisposição do ponto de vista biológico;
- C6 Distinguir a relação entre correlação e causalidade no domínio da genética;
- C7 Refletir sobre a complexidade dos sistemas biológicos, entendendo como genes e fenótipos se relacionam frequentemente de maneira complexa;
- C8 Identificar fatores não-genéticos que influenciam na possibilidade de desenvolver câncer de mama.

Procedimentais:

- P5 Discutir e elaborar argumentos e posicionamentos com base em conhecimentos recém-adquiridos.

Atitudinais:

- A1 Assumir um posicionamento crítico ao determinismo genético, com consciência da complexidade das relações entre genes e fenótipos;
- A2 Trabalhar em grupo de forma colaborativa, estabelecendo diálogo e desenvolvendo a capacidade de escuta dos seus pares;
- A4 Desenvolver o pensamento crítico com relação aos fatores que podem influenciar ou não o desenvolvimento do câncer de mama.

1.1 Atividade *Adivinha só* (cartas para impressão)

INÍCIO DA IMPRESSÃO:

Ter mais de 55 anos	Número de gravidezes	Idade da primeira gestação
Ter pelo menos uma gestação	Amamentar	Possuir tecido mamário denso
Primeira menstruação antes de 12 anos	Menopausa depois dos 55 anos	Histórico familiar de câncer de mama
Já ter tido um câncer de mama antes	Uso de contraceptivos hormonais	Exposição à radiação
Ingestão abusiva de álcool	Etnia: caucasianos, asiáticos, afrodescendentes, hispânicos, indígenas	Sedentarismo
Obesidade		

Ser fumante	Alimentação saudável	Trabalhar durante a noite
-------------	----------------------	---------------------------

Usar desodorante	Colocar prótese de silicone nos seios	Usar suplementos de vitaminas
Usar sutiã sempre	Nascer de cesariana	Nascer de parto normal
Estar constantemente com gripe	Uso de produtos químicos no cabelo	Levar soco nos seios
Ter relações sexuais com muita frequência	Usar contraceptivos de barreira. Ex.: camisinha	Formato do mamilo
Fazer tatuagem ou piercing nos mamilos		

FINAL DA IMPRESSÃO

1.2 Atividade *Adivinha só* (instruções e embasamento da discussão)

Hoje temos uma série de informações sobre fatores não-genéticos que contribuem para aumentar ou reduzir o risco de desenvolver o câncer de mama. A atividade a seguir propõe um jogo para explorar esse conhecimento, de forma que os alunos possam perceber também a influência ambiental em características fenotípicas - o câncer, nesse caso.

Material: 20 cartelas contendo fatores que podem ou não influenciar no risco de ter câncer de mama.

O importante nessa atividade é que os alunos se questionem sobre a ideia de que os genes atuam sozinhos, descontextualizados, na constituição de um fenótipo. Quando um gene contribui para uma característica, ele o faz em interação com outros genes e com outros fatores, por exemplo, ambientais e de estilo de vida.

O professor pode escolher uma das opções abaixo para realizar a atividade, de acordo com o que for mais adequado para sua turma.

Opção 1 [30min]: o professor tem as cartas em mãos e sorteia cada tópico, pedindo para que os alunos se posicionem com relação à influência do mesmo. Por exemplo: carta “Amamentar” - devem levantar as mãos primeiro os que acham que há influência da amamentação no desenvolvimento do câncer de mama; depois, devem levantar as mãos quem julga que não influencia. Depois ele deve pedir justificativas de voluntários dos dois grupos, de forma a promover uma discussão acerca das justificativas dos mesmos. Há uma explicação para cada item nas cartelas, baseada num documento da Sociedade Norte-Americana do Câncer. Como são muitas coisas a discutir, o professor pode priorizar o que achar mais interessante para a turma, de acordo com as discussões levantadas pelos alunos.

Opção 2 [50min]: caso o professor tenha disponibilidade e priorize o trabalho em grupo, essa atividade também viabiliza essa possibilidade. Cada grupo deve ter todas as cartas e, em conjunto, os alunos devem optar por colocar cada carta em uma categoria diferente: classificar os fatores como influentes ou não-influentes no desenvolvimento do câncer de mama. Cada grupo deverá discutir os motivos pelos quais classificou cada fator como o fez e elaborar pequenos

argumentos, que serão discutidos com toda a turma num momento posterior, para que possam argumentar com outros alunos, se posicionar e até mesmo mudar de opinião, caso outras equipes apresentem argumentos que os convençam. Durante a discussão e argumentação sobre as opiniões dos alunos, o professor pode norteá-los de acordo com as explicações.

Note que, apesar de alguns fatores terem um papel inconclusivo no desenvolvimento do câncer de mama, propomos que a atividade seja estruturada de maneira que os alunos lidem com apenas duas categorias: ter ou não influência. Essa escolha diz respeito a dar-lhes oportunidade para exercerem sua capacidade argumentativa. É interessante que o professor introduza na discussão final que nem todos os fatores são influentes ou não no desenvolvimento do câncer de mama, mas que alguns fatores foram estudados e os resultados sobre eles podem ser inconclusivos, abrindo caminho para mais investigações científicas.

Influencia

Ter mais de 55 anos
Número de gravidezes
Idade da primeira gestação
Ter pelo menos uma gestação
Amamentar
Possuir tecido mamário denso
Primeira menstruação antes de 12 anos de idade
Menopausa depois dos 55 anos de idade
Histórico familiar de câncer de mama
Já ter tido um câncer de mama antes
Uso de contraceptivos hormonais
Exposição à radiação
Ingestão abusiva de álcool
Etnia: caucasianos, asiáticos, afrodescendentes, hispânicos, indígenas
Sedentarismo
Obesidade

Inconclusivo

Ser fumante
Alimentação saudável
Trabalhar durante a noite

Não influencia⁴

Uso de desodorante
Colocar prótese de silicone nos seios
Uso de suplementos vitamínicos
Uso constante de sutiã
Nascer de cesariana ou parto normal*
Estar constantemente com gripe*
Uso de produtos químicos no cabelo*
Levar soco nos seios*
Ter relações sexuais com muita frequência*
Uso de contraceptivos por barreira. Ex: camisinha*
Formato do mamilo*
Colocar piercing ou fazer tatuagem nos mamilos*

⁴ Os itens marcados com * foram adicionados pelas pesquisadoras e não possuem influência ou pesquisas sobre eles não foram realizadas.

- Ter mais de 55 anos: os riscos de as mulheres desenvolverem câncer aumentam à medida que ficam mais velhas e, após os 55 anos, os cânceres ficam mais invasivos.
- Número de gravidezes: há evidências de que, quanto maior o número de gravidezes, menor o risco de uma mulher desenvolver o câncer de mama.
- Idade da primeira gestação: há menor risco de desenvolver câncer de mama se a mulher tem a primeira gestação mais nova.
- Ter pelo menos uma gestação: estudos indicam que o fato de ter pelo menos uma gestação ao longo da vida também diminui o risco de ter câncer de mama.
- Amamentar: estudos apontam que há uma pequena diminuição no risco de desenvolver câncer de mama nas mulheres que amamentam continuamente por 1,5 a 2 anos. Apesar de ser complicado fazer esse tipo de estudo, visto que muitas mulheres não amamentam durante todo esse tempo, a explicação pode ser a de que a amamentação diminui o número de ciclos menstruais da mulher, expondo-a menos aos hormônios estrogênio e progesterona.
- Possuir tecido mamário denso: o tecido mamário é composto por tecido gorduroso, fibroso e glandular. Mulheres com predominância dos tecidos fibroso e glandular nas mamas têm mamas mais densas e têm maior risco de desenvolver câncer de mama. Infelizmente, a precisão das mamografias também é diminuída nas mamas densas e, também por isso, mulheres com mamas densas devem estar mais atentas à possibilidade de câncer de mama.
- Primeira menstruação antes de 12 anos de idade: as mulheres que menstruam antes dos 12 anos podem ter seu risco de desenvolver câncer de mama aumentado. Uma das explicações para isso ocorrer é por terem maior tempo de exposição aos hormônios progesterona e estrogênio ao longo das suas vidas.
- Menopausa depois dos 55 anos de idade: para a menopausa tardia, usa-se a mesma explicação da menarca precoce. As mulheres podem aumentar o risco de desenvolver um câncer de mama por estarem, ao

longo da sua vida, mais expostas aos hormônios estrogênio e progesterona.

- Histórico familiar de câncer de mama: é estimado que 8 em cada 10 mulheres que possuem câncer de mama não têm histórico familiar. Porém, caso uma mulher tenha histórico de parentes de primeiro grau (mãe, irmã ou filha) acometidos por esse câncer, o risco de desenvolver um câncer de mama é dobrado.
- Já ter tido um câncer de mama antes: no caso de já ter tido um câncer de mama, a mulher corre mais risco de desenvolver outros cânceres de mama, seja na mesma mama ou na outra.
- Uso de contraceptivos hormonais: estudos mostraram que mulheres que fazem uso de pílulas anticoncepcionais têm um risco um pouco maior de desenvolver câncer de mama do que aquelas que nunca tomaram esses contraceptivos. Porém, ao parar de tomar esses contraceptivos, o risco da mulher tende a regredir depois de um tempo e ficar igual ao das mulheres que nunca o tomaram.
- Exposição à radiação: a radiação é um fator carcinogênico e, assim, a exposição a ela aumenta o risco de uma mulher desenvolver o câncer de mama. Por isso, ao fazer tratamento com radiação para outros cânceres, as mulheres devem ter maiores cuidados com a saúde da mama.
- Ingestão abusiva de álcool: o risco de desenvolver câncer de mama em mulheres que fazem consumo excessivo de álcool é maior. Alguns estudos que comparam mulheres que não bebem àquelas que bebem indicam que a ingestão de 2 a 5 doses diárias de álcool pode aumentar em até 50% o risco de se ter câncer em comparação às mulheres que não bebem. De acordo com Travis (2003), o risco aumenta em 7% com uma dose diária de álcool (consumo considerado moderado) e, a partir daí, há aumento linear do risco: quanto mais se bebe, maior o risco.
- Etnia: mulheres caucasianas têm risco levemente maior de terem câncer de mama do que as afrodescendentes. Porém, mulheres afrodescendentes têm mais risco de morrer em decorrência do câncer do que mulheres caucasianas. Por fim, as mulheres de etnias asiática, hispânica ou indígena têm menor risco do que as mulheres de outras

etnias de desenvolverem e morrerem pelo câncer de mama.

- Sedentarismo: As evidências indicam que praticar atividade física reduz o risco de desenvolver câncer de mama. Porém, ainda não se sabe ao certo quanto tempo e qual a intensidade seriam ideais para reduzir esse risco. É indicado que adultos pratiquem 150 minutos semanais, quando a atividade é de moderada a intensa, e 75 minutos semanais, quando a atividade é de alta intensidade.
- Obesidade: estar acima do peso ou obeso após a menopausa pode aumentar o risco de uma mulher desenvolver o câncer. A produção de estrogênios pelos ovários cai drasticamente. Esses hormônios passam a ser metabolizados no tecido adiposo após a menopausa, a partir de um precursor secretado pela glândula adrenal (androstenediona). É interessante notar que nas mulheres a produção de estrogênios no tecido adiposo aumenta em função da idade e da obesidade, por conta de um aumento na transcrição da enzima que converte o precursor em estrogênio, presente na gordura subcutânea e nas células do tecido adiposo. Então, com mais tecido adiposo, os níveis de estrogênio podem ser aumentados, elevando, também, o risco de desenvolver o câncer de mama. Ainda não existem estudos relacionando a obesidade em outras idades ao risco de desenvolver câncer de mama.
- Ser fumante: Durante anos, os estudos não mostraram ligação entre o consumo de cigarro e o desenvolvimento do câncer de mama. Estudos mais recentes sugerem que há uma relação entre fumar durante um longo período e desenvolver tal câncer, porém não há uma correlação bem apoiada por evidências, apenas uma sugestão de que haja tal relação. Por isso, a relação entre fumo e câncer de mama ainda é **inconclusiva**.
- Alimentação saudável: Apesar de sabermos que uma alimentação saudável mantém nosso organismo em funcionamento adequado e evita que nos tornemos obesas e obesos, estudos que investigaram a relação entre a qualidade da alimentação (como a ingestão de vitaminas) e o câncer de mama foram **inconclusivos**, ou seja, não permitiram estabelecer conclusão a respeito de uma ligação entre a alimentação saudável e a diminuição (ou aumento) do risco de desenvolver o câncer

de mama. Alguns estudos indicam que países com dietas típicas com menos calorias têm menor incidência do câncer de mama, porém ainda não se sabe o porquê e se a relação pode ter a ver com a massa corpórea das mulheres, e não com a alimentação.

- Trabalhar durante a noite: alguns estudos com mulheres que trabalham a noite (como profissionais de saúde que dão plantões noturnos) indicaram que elas têm maior risco de desenvolver câncer de mama, o que estaria relacionado a mudanças no nível de melatonina, hormônio afetado pela exposição do organismo à luz. No entanto, **mais estudos ainda precisam ser feitos**, inclusive com outros hormônios, para que se possa estabelecer essa correlação.
- Uso de desodorante: Apesar de alguns rumores na internet dizerem que os desodorantes podem ser absorvidos pela pele e interferir na circulação linfática, levando a um câncer de mama, **não há evidências** de que o uso de desodorantes aumente o risco de desenvolver câncer de mama.
- Colocar prótese de silicone nos seios: Diversos estudos **não acharam relação** entre colocar próteses de silicone e o desenvolvimento ou não do câncer de mama.
- Uso de suplementos vitamínicos: **Não há evidências** de que o uso de vitaminas aumente ou diminua o risco de desenvolver câncer de mama.
- Uso constante de sutiã: um estudo recente com 1500 mulheres relata que **não há associação** do uso de sutiã com o surgimento do câncer de mama.

Informação relevante sobre os hormônios e o câncer de mama: o estrogênio aumenta o risco de câncer de mama porque estimula a proliferação das células mamárias. Com mais divisões celulares, há mais replicação de DNA, o que aumenta também a chance de haver lesões no DNA que gerem mutações, que podem aumentar o risco de desenvolver câncer de mama. Sua presença também estimula mecanismos que levam à mutagênese e aneuploidias (alteração do número dos pares de cromossomos, por exemplo, trissomia). Os hormônios prolactina, progesterona e testosterona também

parecem estar relacionados ao câncer de mama, mas os mecanismos ainda estão sendo investigados.

Referências Bibliográficas:

The American Cancer Society medical and editorial content team. **Risk Factors for Breast Cancer**. 2016. Disponível em <<https://www.cancer.org/content/dam/CRC/PDF/Public/8578.00.pdf>>. Acesso em 18 de julho de 2017.

King, M.C; Marks, J.H.; Mandell, J.B; **Breast and Ovarian Cancer Risks Due to Inherited Mutations in BRCA1 and BRCA2**. SCIENCE, 302, pp. 643-646, 2003.

Russo J, Russo IH. **The role of estrogen in the initiation of breast cancer**. J Steroid Biochem Mol Biol,102(1-5):89-96. 2006.

Travis, R. C., & Key, T. J. **Oestrogen exposure and breast cancer risk**. *Breast Cancer Research : BCR*, 5(5), 239–247. 2003.

Wajchenberg, Bernardo Léo. **Tecido adiposo como glândula endócrina**. Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia, 44(1), 13-20. 2000. Disponível em <<https://dx.doi.org/10.1590/S0004-27302000000100004>>. Acesso em 09 de outubro de 2018.

Distribuição da atividade para ser feita em casa.

A atividade a seguir expõe os alunos a uma situação hipotética de tomada de decisão, importante em relação não só à saúde física, mas também à saúde mental e a outros aspectos sociais.

Sugerimos que os alunos respondam aos questionamentos em casa, pois exigem reflexão sobre as decisões. Dessa maneira, eles podem elaborar os seus argumentos no seu próprio tempo. É interessante que essa aula seja

utilizada para que as respostas sejam compartilhadas com a turma, havendo troca de informações que possam contribuir para uma visão mais abrangente dos questionamentos levantados na atividade a partir dos diferentes pontos de vista, destacando a importância de entender que cada indivíduo pode pensar por ângulos diferentes.

Algumas informações e questionamentos estão disponíveis no quadro “para refletir”, ao final da atividade. Sugerimos que ele fique como uma reflexão para ser feita em casa pelo aluno, após toda a discussão na aula. Caso o professor queira, ele pode retomar essas discussões numa aula posterior.

INÍCIO DA IMPRESSÃO

A decisão tomada por Angelina Jolie envolve usar o resultado de um teste genético e informações sobre outros fatores que influenciam no risco de desenvolver câncer de mama para tomar uma decisão importante e difícil, visando a prevenção do câncer de mama. Como Camila estava nessa mesma situação, Sofia decidiu perguntar a ela se havia considerado de fato todas as alternativas. Então, Camila lhe mostrou tudo o que havia pesquisado, a fim de deixar sua filha tranquila. De início, ela tinha que decidir se faria ou não o teste genético para saber se tinha uma mutação no gene BRCA1.

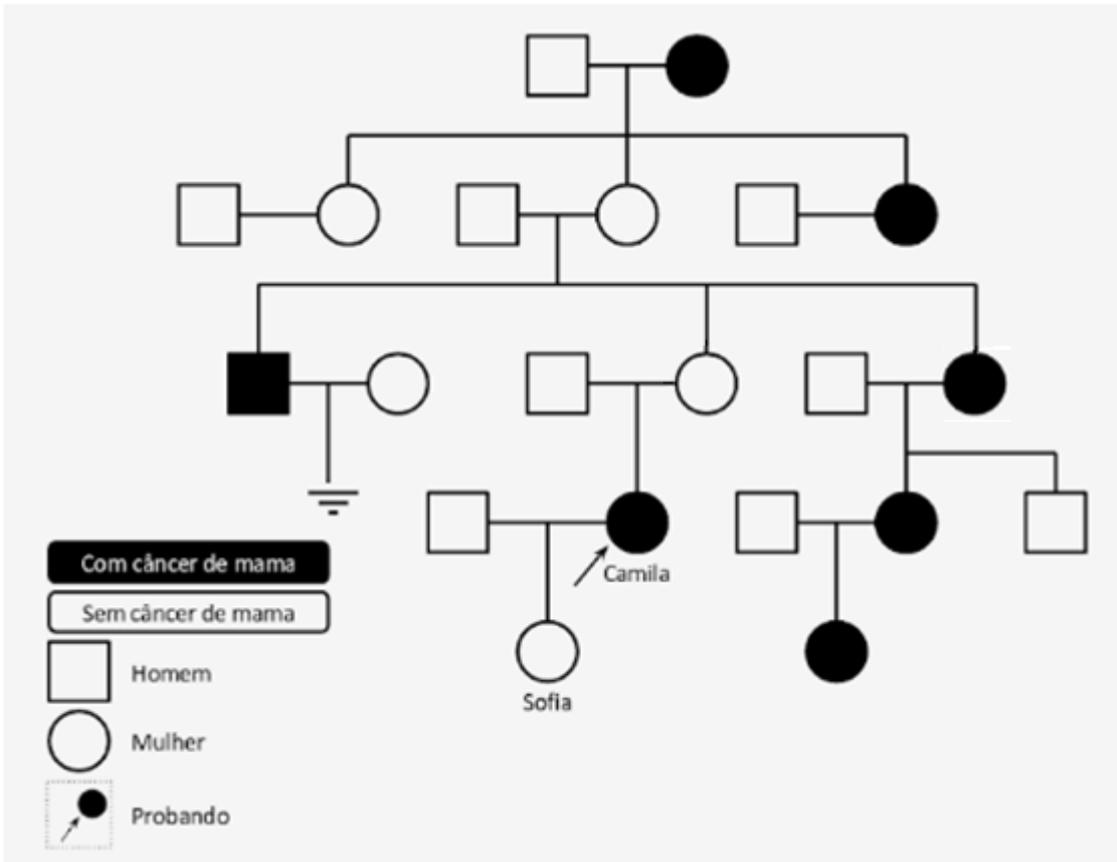
Primeiro, convém saber em que contexto é recomendado fazer um teste genético. Camila procurou em alguns sites e compilou os seus achados. Se um indivíduo se situa em pelo menos um desses contextos, é indicado que faça um teste genético.

Homens ⁵	Mulheres
<p>Você tem 2 ou mais parentes de até segundo grau que já tiveram câncer de mama (1º grau: pai ou mãe, filhas ou filhos, irmãs e irmãos; 2º grau: avós ou avôs, netas ou netos, tias ou tios, sobrinhos ou sobrinhas, meio-irmãos ou meia-irmãs),</p>	<p>Você tem 2 ou mais parentes de até segundo grau que já tiveram câncer de mama (1º grau: pai ou mãe, filhas ou filhos, irmãs e irmãos; 2º grau: avós ou avôs, netas ou netos, tias ou tios, sobrinhos ou sobrinhas, meio-irmãos ou meia-irmãs),</p>
<p>Você tem parentes de até segundo grau com mutações nos genes BRCA1 ou BRCA2.</p>	<p>Você tem parentes de até segundo grau com mutações nos genes BRCA1 ou BRCA2.</p>
<p>Você teve câncer de mama.</p>	<p>Você já teve câncer de mama e/ou ovário E tem mais casos na família em parentes de até segundo grau (1º grau: pai ou mãe, filhas ou filhos, irmãs e irmãos; 2º grau: avós ou avôs, netas ou netos, tias ou tios, sobrinhos ou sobrinhas, meio-irmãos ou meia-irmãs).</p>
	<p>Você teve câncer de mama e ovário ou câncer de mama bilateral em qualquer idade.</p>

⁵ Esses critérios foram compilados com base em: <https://www.fleury.com.br/medico/artigos-cientificos/rastreamento-de-cancer-de-mama> Acesso em 27 nov 2022.

	Você teve câncer de mama ou de ovário antes da menopausa.
--	---

Camila fez então o heredograma de sua família, com base em memórias de família. O probando é a pessoa sendo investigada através do heredograma.



Camila percebeu, então, que se encaixava em uma das categorias em que seria recomendado fazer o teste genético. Qual?

Camila optou por fazer o teste genético depois de considerar muitos aspectos da sua vida. Como você já sabe, o teste genético deu resultado positivo para uma mutação no gene BRCA1. E agora, o que fazer?

Como você já pôde perceber, não é simples interpretar o que significa ter uma mutação nesse gene. Existem algumas opções de prevenção ao câncer de mama, uma vez que se tem esse resultado genético. Elas lidam com o que aprendemos: existe o risco de desenvolver o câncer de mama e o risco de não desenvolver, mesmo com a mutação.

1. Camila tem um plano de saúde que cobre as consultas médicas frequentes e exames periódicos, a cirurgia preventiva para a remoção do tecido mamário, dos ovários e tubas uterinas e a prótese de reconstrução das mamas. Mas é inviável Camila alterar seu estilo de vida pois depende financeiramente de seu trabalho, que é altamente estressante e não deixa tempo de sobra para praticar atividades físicas. Nesse caso, que decisão você julga mais sensata?
2. Camila tem um plano de saúde que cobre consultas médicas frequentes e exames periódicos, a cirurgia preventiva para a remoção do tecido mamário, dos ovários e tubas uterinas, mas não a prótese de reconstrução das mamas. No entanto, Camila pode alterar seu estilo de vida. Nesse caso, ela teria que pensar muito sobre sua auto-estima e o papel físico e psicológico dos seios em sua vida, pois ficaria sem eles até que conseguisse o procedimento de reconstrução das mamas pelo SUS, o que pode demorar anos. Que decisão você julga mais sensata?
3. Camila tem um plano de saúde que cobre consultas médicas frequentes e exames periódicos, mas só cobre a cirurgia e a prótese em caso do aparecimento do câncer, impossibilitando Camila de fazer essa cirurgia de modo preventivo. Levando em consideração que Camila se disponibilizaria a mudar seu estilo de vida, que decisão você julga mais sensata?
4. O SUS não cobre a cirurgia preventiva e Camila não consegue mudar seu estilo de vida, pois tem uma vida muito corrida e depende do trabalho para sustentar financeiramente a família; então, não consegue tempo para cozinhar, fazer academia ou introduzir atividades relaxantes em sua

rotina. Se ela depender exclusivamente do SUS e, na sua cidade for relativamente fácil e rápido marcar consultas e exames, que decisão você julga mais sensata?

5. O SUS não cobre a cirurgia preventiva e Camila ainda não entende a importância de mudanças no estilo de vida. Se Camila depender exclusivamente do SUS e na sua região a marcação de médicos e exames fosse difícil, que decisão você julga mais sensata?

Você já parou para pensar que seios são uma parte bastante delicada e importante para a maioria das mulheres? Para uma parte grande das mulheres, representam sua feminilidade. A retirada ou não das mamas é uma decisão que envolve grande complexidade psicológica e, portanto, seu significado é individual e único e deve ser respeitado. Como você vê a questão dos seios femininos para pessoas lidando com o risco de uma doença como o câncer de mama?

Quais outros fatores você acha que seriam importantes na decisão da Camila?

Como você pôde perceber, não é trivial lidar com dados genéticos, pois a maioria deles não nos dá certeza sobre o que vai acontecer com o fenótipo, exceto para algumas síndromes genéticas, como, por exemplo, a *síndrome de Klinefelter* ou XXY, que produz homens com menos pelos, menos testosterona, menos massa muscular e mamas maiores do que a média.

Precisamos evitar ter visões tão deterministas quanto aquela expressa na frase “acharam o gene para tal doença”, como se fala, por exemplo, no caso do diabetes e mesmo para características mentais, como a esquizofrenia. Talvez esse gene seja só mais uma peça no complexo quebra-cabeça do ser humano, que é um conjunto dos seus genes, metabolismo, ambiente, estilo de vida, características psicológicas e todas as interações entre esses fatores. Também não podemos perder de vista que a escolha por um tratamento também não é fácil, visto que cada ser humano tem um contexto de vida único, está inserido numa sociedade com hábitos e culturas diferentes, com crenças religiosas

distintas, com variados níveis de conhecimento sobre biologia e sobre câncer, oportunidades desiguais de acesso a tratamentos médicos e diversos fatores que podem influenciar na tomada de decisão sobre qual caminho seguir.

Para Refletir

Algumas perguntas para se pensar ao decidir fazer ou não um teste genético:

- Como eu me sentiria ao esperar certo tempo pelo resultado (aproximadamente 40 dias)?
- Como eu reagiria diante de um resultado *inconclusivo*?
- Como eu reagiria diante de um resultado *positivo*, ou seja, de que uma mutação associada ao câncer foi encontrada?
- Como isso afeta minha percepção com relação ao câncer de mama? Pretendo buscar informações?
- Como eu reagiria psicologicamente?
- Como eu reagiria diante da minha família?
- O resultado poderia afetar a proximidade com meus parentes?
- Como eu penso que a doença afetaria meus filhos (crianças ou adultos) e futuros filhos?
- Como eu imagino que saber sobre a possibilidade da doença afetaria a minha rotina?
- Como eu imagino que saber sobre a possibilidade da doença afetaria minhas finanças?

Algumas possibilidades:

- Em caso de resultado positivo:

- Aumento da consciência sobre o papel fisiológico e psicológico dos seios.
- Conscientização da importância de avisar ao médico de quaisquer mudanças fisiológicas.

- Aumento da conscientização da necessidade de exames regulares por médico especialista e do autoexame periódico.
- Conscientização sobre a possibilidade, para meninas mais jovens, de fazer mamografia com/sem ultrassom ou ressonância magnética dos seios, dado que seu tecido mamário é mais denso e uma mamografia convencional não é capaz de uma análise correta.
- Algumas mulheres podem considerar cirurgia, medicação ou mudanças de estilo de vida para reduzir o risco de outro câncer de mama ou de ovário.
- Opções cirúrgicas:
 - Remoção do tecido mamário para reduzir o risco de câncer de mama.
 - Remoção de ovários e tubas uterinas após ter filhos, para reduzir o risco de câncer da mama, já que há redução da produção de hormônios, como estrogênio e progesterona, que aumentam risco de câncer de mama.

Finanças:

- Custo do teste genético: a Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS) estabeleceu a obrigatoriedade de os planos de saúde cobrirem o exame, mas a rede pública não o oferece.
- Em laboratórios privados, o custo varia com o tipo do exame. Em 2017, por exemplo, havia testes custando R\$ 990,00 reais, para apenas um gene, até R\$16.000,00 reais, para fazer um teste que verifica mutações em vários genes relacionados à susceptibilidade para doenças, inclusive BRCA1 e BRCA2. Seu preço varia a depender de quantos genes e/ou para quais doenças o paciente será analisado.

Planos de saúde no Brasil:

- Sua decisão de fazer ou não o teste genético não influenciará seu plano de saúde atual. No entanto, se você tiver uma mutação, precisará alertar a seguradora sobre os resultados, caso troque de plano. Isso altera sua

categoria em relação aos grupos de risco, alterando também o valor de um novo plano de saúde.

- Não é permitido forçar ninguém a fazer teste genético, ou seja, esta é uma decisão necessariamente de cada pessoa.
- Não é permitido usar o resultado de um membro da família para avaliar outros membros da família quando forem se candidatar a um plano de saúde.
- A confidencialidade dos resultados deve ser garantida.
- A partir de 2014, a Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS) estabeleceu a obrigatoriedade de as seguradoras pagarem pelo teste genético de 29 doenças genéticas, incluindo câncer de mama e ovário (para os genes BRCA1 e BRCA2). Contudo, o exame deve ser solicitado por um geneticista. A lista de doenças abrangidas pela resolução está no site da ANS: <http://www.ans.gov.br/images/stories/noticias/pdf/a%20lista%20completa%20das%20doenas.pdf>

FINAL DA IMPRESSÃO

Aula 4: Tomada de decisão

DISCUSSÃO DAS RESPOSTAS DA ATIVIDADE FEITA EM CASA.

Momento 1: a professora lê as perguntas em voz alta cada questão da atividade feita em casa e discute com as alunas as respostas que elas deram a cada uma delas, estimulando o debate saudável de opiniões divergentes e a argumentação.

Momento 2: as estudantes são apresentadas ao heredograma (figura 4) que Sofia e Camila fizeram para ajudar a pensar sobre a decisão de fazer ou não a dupla mastectomia.

Objetivos de ensino da aula:

1. Promover a reflexão sobre desigualdade de oportunidades em relação aos cuidados com a saúde;
2. Estimular a escuta e a troca de opiniões individuais entre as estudantes.

Objetivos de aprendizagem:

Conceituais:

- C1 Questionar visões deterministas genéticas;
- C4 Compreender a relação entre o alelo mutado do gene BRCA1 e o câncer de mama;
- C5 Entender o que é risco e predisposição do ponto de vista biológico;
- C6 Distinguir a relação entre correlação e causalidade no domínio da genética;
- C7 Refletir sobre a complexidade dos sistemas biológicos, entendendo como genes e fenótipos se relacionam frequentemente de maneira complexa;
- C9 Perceber o poder da informação que um teste genético pode oferecer, suas vantagens e desvantagens, e pensar criticamente sobre o que são os testes genéticos e a escolha de fazê-los ou não;
- C10 Conhecer quais são as opções para prevenção do câncer de mama e perceber que cada paciente pode se encaixar melhor em alternativas diferentes.

Procedimentais:

- P1 Ler e interpretar textos com atenção às informações principais;
- P4 Integrar dados para responder questões;
- P5 Discutir e elaborar argumentos e posicionamentos com base em conhecimentos recém-adquiridos;
- P6 Interpretar heredogramas;

- P7 Reunir argumentos para tomar decisões baseadas na noção de risco, levando em conta múltiplos fatores de diversas naturezas (social, econômica, psicológica e biológica);
- P8 Reconhecer os contextos nos quais é recomendado fazer teste genético para saber se a pessoa é portadora de alelo mutante do gene BRCA1.

Atitudinais:

- A1 Assumir um posicionamento crítico ao determinismo genético, com consciência da complexidade das relações entre genes e fenótipos;
- A3 Respeitar a opinião de colegas com diferentes pontos de vista, compreendendo a posição única de cada pessoa quando se vê em uma situação de tomada de decisão;
- A4 Desenvolver o pensamento crítico com relação aos fatores que poderiam influenciar ou não no desenvolvimento do câncer de mama;
- A5 Conscientizar-se de que o acesso à saúde não é igual para todas as pessoas na sociedade;
- A6 Desenvolver empatia com relação às pessoas que estão frente a uma tomada de decisão para prevenção de uma doença que é multifacetada em relação aos seus riscos;
- A7 Tomar consciência de que decisões individuais, em especial aquelas em relação ao corpo, são complexas, incorporam motivos pessoais e devem ser respeitadas e valorizadas;
- A8 Julgar e refletir sobre as opções de prevenção de câncer de mama à luz de um raciocínio sobre risco, levando em conta aspectos socioeconômicos, psicológicos e biológicos;
- A9 Sensibilizar-se a respeito do papel e do significado dos seios para a feminilidade;
- A10 Ser consciente de que o câncer de mama não é um problema apenas das mulheres, mas uma responsabilidade de toda a sociedade;
- A11 Ponderar que o acesso a mudanças no estilo de vida não acontece de forma igualitária para pessoas que estão em classes sociais distintas.

Respostas e reflexões acerca da atividade:

Camila percebeu, então, que se encaixava em uma das categorias em que seria recomendado fazer o teste genético. Qual?

Resposta esperada: Camila, de acordo com o heredograma, se encaixa na categoria de quem possui 2 ou mais parentes de até segundo grau que já tiveram câncer de mama.

Camila tem um plano de saúde que cobre as consultas médicas frequentes e exames periódicos, a cirurgia preventiva para a remoção do tecido mamário, dos ovários e tubas uterinas e a prótese de reconstrução das mamas. Mas é inviável Camila alterar seu estilo de vida pois depende financeiramente de seu trabalho, que é altamente estressante e não deixa tempo de sobra para praticar atividades físicas. Nesse caso, o que você indicaria?

Camila tem um plano de saúde que cobre consultas médicas frequentes e exames periódicos, a cirurgia preventiva para a remoção do tecido mamário, dos ovários e tubas uterinas, mas não a prótese de reconstrução das mamas. No entanto, Camila pode alterar seu estilo de vida. Nesse caso, ela teria que pensar muito sobre sua auto-estima e o papel físico e psicológico dos seios em sua vida, pois ficaria sem eles até que conseguisse o procedimento de reconstrução das mamas pelo SUS, o que pode demorar anos. O que você indicaria?

Camila tem um plano de saúde que cobre consultas médicas frequentes e exames periódicos, mas só cobre a cirurgia e a prótese em caso do aparecimento do câncer, impossibilitando Camila de fazer essa cirurgia de modo preventivo. Levando em consideração que Camila se disponibilizaria a mudar seu estilo de vida, o que você indicaria?

O SUS não cobre a cirurgia preventiva e Camila não consegue mudar seu estilo de vida, pois tem uma vida muito corrida e depende do trabalho para sustentar financeiramente a família; então, não consegue tempo para cozinhar, fazer academia ou introduzir atividades relaxantes em sua rotina. Se ela depender exclusivamente do SUS e, na sua cidade for relativamente fácil e rápido marcar consultas e exames, o que você indicaria a ela?

O SUS não cobre a cirurgia preventiva e Camila ainda não entende a importância de mudanças no estilo de vida. Se Camila depender exclusivamente do SUS e na sua região a marcação de médicos e exames fosse difícil, o que você indicaria?

Você já parou para pensar que seios são uma parte bastante delicada e importante para a maioria das mulheres? Para uma parte grande das mulheres, representam sua feminilidade. A retirada ou não das mamas é uma decisão que envolve grande complexidade psicológica e, portanto, seu significado é individual e único e deve ser respeitado. Como você vê a questão dos seios femininos para pessoas lidando com o risco de uma doença como o câncer de mama?

Quais outros fatores você acha que seriam importantes na decisão da Camila?

Para essas perguntas, não existem respostas prontas, mas esperamos que as estudantes sejam capazes de examinar cada situação para elaborar seus argumentos, que devem conter ponderações e empatia.

É interessante que a professora faça uma dinâmica de leitura das respostas, de modo que as alunas possam saber quais foram as considerações feitas por colegas e enxergar pontos de vista diferentes do seu, complementando ou até mesmo refutando alguns pensamentos, de modo a perceber que cada decisão carrega consigo um peso das vivências individuais, que deve ser respeitada e valorizada, para além do conhecimento médico e científico.

2 CONCLUSÕES

Diante das respostas ao questionário PUGGS, percebemos que as/os jovens brasileiras/os seguem uma tendência global de terem atitudes positivas acerca das novas tecnologias gênicas (CEBESYOY; OZTEKIN, 2017; CHEN; RAFFAN, 1999; EUREKA STRATEGIC RESEARCH, 2007; GASKELL; ALLUM; STARES, 2003; MACER; CHEN NG, 2000; PRIEST, 2000; STURGIS; COOPER; FIFE-SCHAW, 2005; YUNTA, HERRERA, et al., 2005). Esse achado é similar ao que foi encontrado em estudos realizados na população brasileira em anos anteriores (IBOPE, 2016; MASSARANI; MOREIRA, 2005).

Essa tendência positiva se dá especialmente nos casos nos quais essas tecnologias são utilizadas para fins de saúde e quando há histórico da doença na família. Cerca de 93% dessas jovens consideram a possibilidade de se submeter a testes genéticos para saber mais sobre os riscos de desenvolver doenças nas quais contribuições genéticas estão envolvidas e aproximadamente 65% se sentem confortáveis com a comercialização de testes genéticos pela internet, o que pode representar maior acesso a elas.

O acesso a essas tecnologias pode trazer bem-estar e qualidade de vida para as pessoas, mas não podemos nos esquecer que o uso dessas tecnologias também envolve limites e problemas. Sobre os testes genéticos, podemos pensar na segurança desses dados sensíveis, que podem ser usados para discriminação e segregação (por empresas que busquem contratar funcionários usando esses dados; por companhias de seguros que podem se propor a cobrar tarifas de acordo com probabilidade de desenvolver doenças; por grupos na população que visem legitimar atitudes de natureza racista, xenófoba e outras com base em informações genéticas etc.); no uso indiscriminado dos testes como oráculos que supostamente seriam capazes de prever características fenotípicas (especialmente se usados em fetos) ou propensão a doenças, o que pode envolver interpretação incorreta desses dados; no uso para escolha de características em fetos, entre tantos outros aspectos que devem ser levados em consideração não como justificativa de não utilização de testes genéticos, mas como base para apreciação crítica de suas limitações e dos cuidados necessários em seu uso na sociedade. Tanto as possibilidades quanto as

limitações e os possíveis maus usos de testes genéticos devem ser discutidos amplamente na comunidade científica e na sociedade.

Foi através da realização de um desses testes genéticos, por ter histórico familiar de câncer de mama, que a atriz Angelina Jolie decidiu fazer uma dupla mastectomia e levantar essa questão para o público geral, amplificando a discussão sobre a realização e o uso dos resultados desses testes. Levando em consideração a tendência positiva das estudantes participantes do nosso estudo frente às tecnologias genéticas, nos propusemos a criar uma abordagem para ser trabalhada em sala de aula. As/os jovens adultas/os que participaram de nosso estudo representam uma parcela relevante da população brasileira, cujas atitudes face às tecnologias genética podem ser influenciadas pelos posicionamentos de artistas e outras personas sociais que podem afetar a decisão do público geral. Isso sugere como devemos dar atenção ao tema, trazendo-o para discussão em sala de aula e em outros contextos educacionais, para que o público leigo possa ter percepções que vão além da visão determinista de que possuir um gene faz com que se desenvolva um traço, como, por exemplo, uma doença como o câncer de mama.

O uso de uma questão sociocientífica aproxima o cotidiano das estudantes do conhecimento científico, além de envolver conhecimentos filosóficos, éticos, culturais, políticos, econômicos, tornando a tomada de decisão em torno da questão mais próxima da realidade que estão inseridas – ainda que a gente saiba que o acesso a testes genéticos por enquanto é uma realidade para apenas parte da sociedade brasileira.

Com a sequência didática (SD) que desenvolvemos, almejamos oferecer às alunas alternativas ao pensamento determinista genético, capacitando-as a entender que o surgimento de características depende de interações complexas entre genes e ambientes em diferentes níveis – desde o interior da célula até os ambientes externos ao corpo humano.

Esperamos ter levantado questões sociais importantes durante a SD, como o acesso à saúde, para que essas estudantes entendam que a maior parte da população não tem acesso a testes genéticos e que, ainda que o tivessem do sistema público de saúde, ainda assim há questões fundamentais que devem ser consideradas, relativas a quais decisões tomar após os resultados de tais

testes, não somente de cunho econômico, mas também pessoais, sociais, políticas, de gênero etc.

Mobilizando todos esses aspectos, esperamos ter fornecido ferramentas na sequência didática para preparar cidadãos críticos, que tomem decisões bem-informadas, baseadas em seu conhecimento científico, mas também em outros aspectos de natureza ética, sociopolítica, entre outros, e entendendo que o contexto da realização de um teste genético é singular a cada pessoa, mas, por envolver a saúde pública, também requer reflexão e consideração por toda a sociedade.

Referências

- AIVELO, T.; UITTO, A. Genetic determinism in the Finnish upper secondary school biology textbooks. **NorDiNa**, 2015. 139-152.
- AJZEN, I.; FISHBEIN, M. Attitudes and the Attitude-Behavior Relation: Reasoned and Automatic Processes. **European Review of Social Psychology**, 2000. 1-33.
- ALLAIN, D. C.; FRIEDMAN, S.; SENTER, L. Consumer awareness and attitudes about insurance discrimination post enactment of the Genetic Information Nondiscrimination Act. **Familial Cancer**, 11, 2012. 637-644.
- ALMARSDÓTTIR, A. B.; BJÖRNSDÓTTIR, I.; TRAUlsen, J. M. A lay perception for tailor-made drugs - focus group reflections on pharmacogenomics. **Health Policy**, 2005. 233-241.
- AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, Bauru, 2001. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/wJMcpHfLgzh53wZrByRpmkd/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 21 junho 2022.
- BALL, D. L.; FEIMAN-NEMSER, S. Using textbooks and teachers' guides: A dilemma for beginning teachers and teacher educators. **Curriculum Inquiry**, 1988. 401-423.
- BARROWMAN, N. Correlation, Causation, and Confusion. **The New Atlantis**, 2014. 23-44. Disponível em: <<https://www.thenewatlantis.com/publications/correlation-causation-and-confusion>>. Acesso em: 21 junho 2022.
- BATISTA, M.; CUNHA, M.; CÂNDIDO, A. Análise do tema virologia em livros didáticos de biologia do ensino médio. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, 2010. 145-158.
- BENCZE, L.; ALSOP, S. Ecojustice through responsible Science Education. In: _____ **ANNUAL CONFERENCE OF THE CANADIAN SOCIETY FOR THE STUDY OF EDUCATION**. [S.l.]: [s.n.], 2009. p. 1-28.
- BOWLING, B. V. et al. Development and Evaluation of a Genetics Literacy Assessment Instrument for Undergraduates. **Genetics Education**, 2008. 15-22.
- BRASIL. LEI Nº 13.709, DE 14 DE AGOSTO DE 2018. **Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD)**, 2018. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm>.
- BROSIG, S.; BAVOROVA, M. Association of attitudes towards genetically modified food among young adults and their referent persons. **PLoS ONE**, 2019.
- BUTLER, J. **Problemas de gênero: Feminismo e subversão da identidade**. [S.l.]: [s.n.], 2003.

CALSBEEK, H. et al. Knowledge and attitudes towards genetic testing a two year follow-up study in patients with asthma, diabetes mellitus and cardiovascular disease. **Journal of Genetic Counseling**, 16, n. 4, 4 August 2007. 493-504.

CARVER, R. B. **Framing the Gene. A science communication study of how newspapers frame different meanings of the gene concept, with applications for science education**. Oslo: [s.n.], 2013. Disponível em: <<http://urn.nb.no/URN:NBN:no-37053>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

CARVER, R. B. et al. Young Adults' Belief in Genetic Determinism, and Knowledge and Attitudes towards Modern Genetics and Genomics: The PUGGS Questionnaire. **PLoS One**, 12, n. 1, 2017.

CASTRO, B. S.; YOUNG, C. E. F.; LIMA, R. A percepção pública de risco alimentar e os organismos geneticamente modificados no Brasil. **Estudos Sociedade e Agricultura**, 2014. Disponível em: <<https://revistaesa.com/ojs/index.php/esa/article/view/472/380>>. Acesso em: 07 Junho 2022.

CEBESOV, U. B.; OZTEKIN, C. Genetics Literacy: Insights From Science Teachers' Knowledge, Attitude, and Teaching Perceptions. **International Journal of Science and Math Education**, 2017.

CHAPMAN, R. et al. Genetic Literacy And Attitudes Survey (Iglas): International Population-Wide Assessment Instrument. **ICPE 2017 International Conference on Psychology and Education**, 2017.

CHEN, S.-Y.; RAFFAN, J. Biotechnology: student's knowledge and attitudes in the LJK and Taiwan. **Journal of Biological Education**, 1999. 17-23.

CLÉMENT, P. **Didactic Transposition and KVP Model: Conceptions as interactions between Scientific knowledge, Values and Social Practices**. Proceedings of Conference of the European Science Education Research Association ESERA. [S.l.]: [s.n.]. 2006. p. 9-18.

COHEN, J. A Power Primer. **Psychological Bulletin**, 1992. 155-159.

COLL, C. et al. **Los contenidos de la reforma: Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes**. [S.l.]: [s.n.], 1992.

CONDIT, C. What is 'public opinion' about genetics? **Nature Reviews Genetics**, 2, October 2001. 811-815.

CONRAD, P. Genetic optimism: framing genes and mental illness in the news. **Culture, Medicine and Psychiatry**, 25, n. 2, 2001. 225-247.

CONRADO, D. **Questões Sociocientíficas na Educação CTSA: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico**. Salvador: [s.n.], 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/24732/1/Tese-DaliaMelissaConrado-2017-QSC-CTSA-Final.pdf>>. Acesso em: 21 junho 2022.

CONRADO, D.; NUNES NETO, N. Questões Sociocientíficas e dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais dos conteúdos no ensino de ciências. In: CONRADO, D.; NUNES NETO, N. **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, 2018. p. 77-118. Disponível em: <<https://books.scielo.org/id/n7g56/pdf/conrado-9788523220174-05.pdf>>. Acesso em: 21 junho 2022.

- CRITCHLEY, C. et al. Public reaction to direct-to-consumer online genetic tests Comparing attitudes, trust and intentions across commercial and conventional providers. **Public Understanding of Science**, 24, n. 6, 2015. 731-750.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: Fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.
- DOUGHERTY, M. J. Closing the Gap: Inverting the Genetics Curriculum to Ensure an Informed Public. **The American Journal of Human Genetics**, 85, n. 1, 2009. 6-12.
- EAGLY, A. H.; CHAIKEN, S. **The psychology of attitudes**. [S.l.]: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers., 1993.
- ETCHEGARY, H. et al. Attitude and Knowledge about Genetics. **Public Health Genomics**, 2010. 80-88.
- EL-HANI, C. N. **Repensando o gene na era pós -genômica**. Salvador: [s.n.], 2016.
- EUREKA STRATEGIC RESEARCH. **COMMUNITY ATTITUDES TO BIOTECHNOLOGY REPORT ON OVERALL PERCEPTIONS OF BIOTECHNOLOGY AND GENERAL APPLICATIONS**. [S.l.]. 2007.
- EVANGELISTA, N. A. M. **O CONCEITO DE GENE EM LIVROS DIDÁTICOS SUPERIOR DE BIOLOGIA CELULAR E MOLECULAR DO ENSINO SUPERIOR**. Salvador: Dissertação de mestrado, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/20945/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20Neima%20Evangelista.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2019.
- FARRIMOND, H. R.; KELLY, S. E. Public viewpoints on new non-invasive prenatal genetic tests. **Public Understanding of Science**, 22, n. 6, 2011. 730-744.
- FAZIO, R. H. Multiple Process by which Attitudes guide Behavior: The Model as an Integrative Framework. In: ZANNA, M. **Advances in Experimental Social Psychology**. [S.l.]: Academic Press, 1990. p. 75-109.
- GASKELL, G. et al. Biotechnology and the European Public. **Nature Biotechnology**, 2000. 935-938.
- GASKELL, G.; ALLUM, N.; STARES, S. **Europeans and Biotechnology in 2002**. [S.l.]. 2003.
- GAYÁN, E.; GARCÍA, P. E. **Como escoger un libro de texto? Desarrollo de un instrumento para evaluar los libros de texto de ciencias experimentales**. Enseñanza de las ciencias. Murcia/ Espanha,: [s.n.]. 1997. p. 249-250.
- GERICKE, N. et al. Conceptual Variation or Incoherence? Textbook Discourse on Genes in Six Countries. **Science & Education**, p. 381-416, 2014.
- GERICKE, N. et al. Exploring Relationships Among Belief in Genetic Determinism, Genetics Knowledge, and Social Factors. **Science & Education**, 26, n. 10, 2017. 1223-1259.
- GERICKE, N. et al. Is Belief in Genetic Determinism Similar Across Countries and Traits? In: HASKEL-ITTAH, M.; YARDEN, A. **Genetics Education. Contributions from Biology Education Research**. [S.l.]: Springer, Cham, 2021. p. 107-125.

- GILDING, M.; TURNEY, L. Public opinion on DNA paternity testing: the influence of the media. **People and Place**, 2006. 4-13.
- GUIMARÃES, M. A.; CARVALHO, W. L. P. D.; OLIVEIRA, M. S. Raciocínio moral na tomada de decisões em relação a questões sociocientíficas: o exemplo do melhoramento genético humano. **Ciência e Educação**, Bauru, 2010. 465-477.
- HAGA, S. B. et al. Public knowledge of and attitudes toward genetics and genetic testing. **Genet Test Mol Biomarkers**, 2013. 327-335.
- HAMPEL, J.; PFENNING, U.; PETERS, H. P. Attitudes towards genetic engineering. **New Genetics and Society**, 19, n. 3, 2000. 233-249.
- HEYNEMAN, S. P. The Role of Textbooks in a Modern Education System. In: BRASLAVSKY, C. **Textbooks and Quality Learning for All: Some Lessons Learned from International Experience**. Geneva: UNESCO/International Bureau of Education, 2006. p. 31-93.
- HODSON, D. **Looking to the future: building a curriculum for social activism**. Rotterdam: Sense Publishers, 2011.
- HODSON, D. Don't be nervous, don't be flustered, don't be scared: be prepared. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, 2013. 313-331.
- HUBBARD, R.; WALD, E. **Exploding the Gene Myth: How Genetic Information Is Produced and Manipulated by Scientists, Physicians, Employers, Insurance Companies, Educators, and Law Enforcers**. Boston: Beacon Press, 1993.
- HUDSON, J.; ORVISKA, M. European attitudes to gene therapy and pharmacogenetics. **Drug Discovery Today**, 16, n. 19/20, 2011. 843-847.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Educação..** Rio de Janeiro. 2018.
- IBOPE. Pesquisa de Opinião Pública sobre Transgênicos, 2001. Disponível em: <http://www.greenpeace.com.br/transgenicos/pdf/pesquisaIBOPE_agosto2001.pdf>. Acesso em: 07 Junho 2022.
- IBOPE. Pesquisa de Opinião Pública sobre Transgênicos, 2003. Disponível em: <http://greenpeace.org.br/transgenicos/pdf/pesquisaIBOPE_2003.pdf>. Acesso em: 07 Junho 2022.
- IBOPE. **Indicador de Letramento Científico**. São Paulo. 2014.
- IBOPE. **Estudo de percepção sobre transgênicos na produção de alimentos – 2016**. [S.l.]. 2016.
- IREDALE, R. et al. Public attitudes to human gene therapy: a pilot study in Wales. **Community Genetics**, 6, 2003. 139-146.
- JOLIE, A. My Medical Choice. **The New York Times**, New York, maio 2013. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2013/05/14/opinion/my-medical-choice.html>>. Acesso em: 06 maio 2020.
- JONASSAINT, C. et al. Regional differences in awareness and attitudes regarding genetic testing for disease risk and ancestry. **Human Genetics**, 2010. 249-260.

- KAMPOURAKIS, K. et al. Genetics and Society - Educating Scientifically Literate Citizens: Introduction to the Thematic Issue. **Science and Education**, 29 October 2013.
- KELLER, E. F. **The century of the gene**. [S.l.]: Harvard University Press, 2002.
- KRSTOVIC, M. Preparing students for self-directed research-informed actions on socioscientific issues. In: BENCZE, L.; ALSOP, S. **Activist science and technology education**. [S.l.]: [s.n.], 2014. p. 399-417.
- LAU, H. D. **O uso da linguagem neutra como visibilidade e inclusão para pessoas trans não-binárias na língua portuguesa: a voz "del@s" ou "delxs"? Não! A voz "delus"!** V Simpósio Internacional em Educação Sexual: saberes/trans/versais currículos identitários e pluridades de gênero. Maringá: [s.n.]. 2017. p. 15.
- LEVINSON, R. Towards a Theoretical Framework for Teaching Controversial Socio-scientific Issues. **International Journal of Science Education**, 2007. 1201-1224.
- MACER, D.; CHEN NG, M. A. Changing attitudes to biotechnology in Japan. **Nature Biotechnology**, 18, September 2000. 945-947.
- MACER, D.; NG, M. A. C. Changing attitudes to biotechnology in Japan. **Nature Biotechnology**, 2000. 945-947.
- MASSARANI, L.; MOREIRA, I. D. C. Attitudes towards genetics> a case study among Brazilian high school students. **Public Understanding of Science**, 2005. 201-212.
- MATTHEUS, R. A. Storks Deliver Babies ($p= 0.008$). **Teaching Statistics**, 2000. 36-38.
- MCGUIRE, A. L. et al. Social Networkers' Attitudes Toward Direct-to-Consumer Personal Genome Testing. **Am J Bioeth**, 2009. 3-10.
- MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação (Bauru)**, Bauru, 2003. Ciência & Educação (Bauru).
- MORRIS, S. H.; ADLEY, C. C. Irish public perceptions and attitudes to modern biotechnology: an overview with a focus on GM foods. **Trends Biotechnol**, 2001. 43-48.
- NELKIN, D.; LINDEE, S. **The DNA Mystique: The Gene as a Cultural Icon**. [S.l.]: [s.n.], 1995.
- NG, P. et al. An agenda for personalized medicine. **Nature**, 2009. 724-726.
- NIELSEN, L. F.; MØLDRUP, C. Lay perspective on pharmacogenomics: a literature review. **Personalized Medicine**, 2006. 311-316.
- NÚÑEZ, I. et al. A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de Ciências. **Revista Iberoamericana De Educación**, 2003. 1-11.
- NUNNALLY, J. **Psychometric theory**. 2nd. ed. New York: McGraw-Hill, 1978.
- ODA, L. M.; SOARES, B. E. C. Genetically modified foods: economic aspects and public acceptance in Brazil. **Trends in Biotechnology**, 2000. 188-190.

- PARDO, R.; MIDDEN, C.; MILER, J. Attitudes toward biotechnology in the European Union. **Journal of Biotechnology**, p. 9-24, 2002.
- PETTY, R. E.; WEGENER, D. T.; FABRIGAR, L. R. Attitudes and Attitude Change. **Annual Review of Psychology**, 1997. 609-647.
- PITOMBO, M. A.; ALMEIDA, A. M.; EL-HANI, C. N. Gene concepts in higher education cell and molecular biology textbooks. **Science Education International**, 2008. 219-234. Disponível em: <Gene concepts in higher education cell and molecular biology textbooks>. Acesso em: 14 Junho 2022.
- PRIEST, S. H. US public opinion divided over biotechnology? **Nature Biotechnology**, 2000. 939-942.
- REDFIELD, R. J. "Why Do We Have to Learn This Stuff? A New Genetics for 21st Century Students. **PLoS Biol**, 2012.
- REID, N. Attitude Research in Science Education. In: KHINE, M. S. **Attitude Measurements in Science Education: Classic and Contemporary Approaches**. Charlotte: INFORMATION AGE PUBLISHING, INC., 2015. p. 3-46.
- REIS, G.; NG-A-FOOK, N.; GLITHERO, L. Provoking ecojustice-taking citizen science and youth activism beyond the school curriculum. In: MUELLER, M. P.; TIPPINS, D. J. **EcoJustice, citizen science and youth activism: situated tensions for Science Education**. [S.l.]: [s.n.], 2015. p. 39-61.
- REIS, P. Factors of success regarding classroom discussions of SSI: a cross-case study. **Les sciences et les crises contemporaines**, 2013. 67-80.
- REIS, P. Ação socio-política sobre questões socio-científicas: reconstruindo a formação docente e o currículo. **Revista Uni-pluri/versidad**, Lisboa, 2014.
- SADLER, T. D. Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. **Journal of research in Science Teaching**, 2004.
- SADLER, T. D. **Socio-Scientific Issues in the Classroom: Teaching, Learning and Research**. [S.l.]: [s.n.], 2011.
- SANTOS, V. C.; EL-HANI, C. N. Ideias sobre genes em livros didáticos de biologia do ensino médio publicados no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 9, n. 1, 2009.
- SANTOS, V.; JOAQUIM, L.; EL-HANI, C. Hybrid Deterministic Views About Genes in Biology Textbooks: A Key Problem in Genetics Teaching. **Science & Education**, p. 543-578, 2012.
- SANTOS, W. Scientific literacy: A Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. **Science Education**, 2009. 361-382.
- SJØBERG S, Schreiner C. **The ROSE project**. An overview and key findings. [Online].; 2010. Acesso 17 de September de 2019. Disponível em: <https://roseproject.no/network/countries/norway/eng/nor-Sjoberg-Schreiner-overview-2010.pdf>.
- SOLBLES, J. Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (II): Ejemplos. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de La Ciencias**, 2013. 148-158.

STANCZYK, F. Z.; MANDELBAUM, R. S.; LOBO, R. A. Potential pitfalls of reproductive direct-to-consumer testing. **F&S Reports**, 2022. 3-7.

STURGIS, P.; BRUNTON-SMITH, I.; FIFE-SCHAW, C. Public attitudes to genomic science: an experiment in information provision. **Public Understanding of Science**, 2010. 166-180.

STURGIS, P.; COOPER, H.; FIFE-SCHAW, C. Attitudes to biotechnology: estimating the opinions of a better-informed public. **New Genetics and Society**, 24, n. 1, April 2005. 31-56.

TANDY-CONNOR, S. et al. False-positive results released by direct-to-consumer genetic tests highlight the importance of clinical confirmation testing for appropriate patient care. **Genetics in Medicine**, 2018. 1515-1521.

TEIXEIRA, P. M.; VALE, M. Ensino de Biologia e cidadania: problemas que envolvem a prática pedagógica de educadores. **Educação em Ciência: da pesquisa à prática docente**, 2001. 23-40.

TORRES-MERCHÁN, N. Y. El abordaje de situaciones contextuales para la solución de problemas y la toma de decisiones. **Zona Próxima**, 2011. 126-141.

UNESCO. **United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization**. [Online].; 2003. Acesso 17 de September de 2019. Disponível em: HYPERLINK "http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=17720&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html" http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=17720&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html.

US GOVERNMENT ACCOUNTABILITY OFFICE. **Direct-to-consumer genetic tests: Misleading test results are**. [S.I.]. 2010.

VENTER, J. C. et al. The sequence of the human genome. **Science**, 2001. 1304-1351.

VILCHES, A.; PÉREZ, G.; PRAIA, J. De CTS a CTSA: Educação por um futuro sustentável. In: SANTOS; AULER **CTS e Educação científica, desafio, tendências e resultados de pesquisa**. Brasília: Universidade de Brasília, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/291958339_De_CTS_a_CTSA_Educacao_por_um_futuro_sustentavel>. Acesso em: 21 junho 2022.

VILLA, A.; POBLETE, M. **Aprendizaje basado en competencias: una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas**. [S.I.]: [s.n.], 2007.

VON LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, 2007. Disponível em: <<https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/2/23/Irlan.pdf>>. Acesso em: 21 junho 2022.

WATANABE, M.; YAMAGUCHI, K. **The EM algorithm and related statistical models**. [S.I.]: CRC Press, 2003.

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

YUNTA, E. R. et al. Attitudes towards genomic. Research in four Latin American countries. **Electronic Journal of Biotechnology**, 8, n. 3, 15 December 2005. 238-248.

YUNTA, E. R. et al. Attitudes towards genomic. Research in four Latin American countries. **Electronic Journal of Biotechnology**, 2005. 238-248.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998. Disponível em: <<https://www.ifmg.edu.br/ribeiraodasneves/noticias/vem-ai-o-iii-ifmg-debate/zabala-a-pratica-educativa.pdf>>. Acesso em: 21 junho 2022.

ZABALA, A.; ARNAU, L. **Como aprender a ensinar competências**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

ZEIDLER, D. et al. Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. **Science Education**, 2005.