

Cinema, doença infecciosa e teoria da evolução: uma estratégia possível ao Ensino Médio

Daniela Frey *
Ricardo Waizbort #

Resumo: Nosso objetivo é fomentar a articulação entre o ensino de doenças infectocontagiosas e de Evolução, a partir do filme (como estratégia de ensino) “O despertar de uma paixão” (2006), que retrata uma epidemia de cólera na China. A metodologia envolveu uma abordagem qualitativa, de intervenção, com alunos de um curso técnico integrado ao Ensino Médio, de uma escola pública, em Petrópolis (RJ). Após responderem a um questionário inicial, eles assistiram ao referido filme e a trechos do documentário “A corrida das espécies”, que apresenta aspectos evolutivos de doenças. Depois, houve um debate e um estudo sobre possíveis relações entre Epidemiologia e Evolução. Por fim, aplicamos outro questionário para tentar reconhecer mudanças nas respostas. Os resultados indicam que certos conceitos evolutivos passaram a coexistir com conceitos prévios.

Palavras-chave: Filme como estratégia de ensino. Cólera. Teoria da evolução.

Cine, disease and theory of evolution: a possible strategy for High School

Abstract: Our aim is to foment the articulation between the teaching of infectious diseases and Evolution. As a teaching strategy, we will start from

* Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ, Campus Petrópolis; Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Oswaldo Cruz, Laboratório de Avaliação em Ensino e Filosofia das Biociências, Estudante de doutorado no Curso de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde. *Email:* daniela.frey@cefet-rj.br.

Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Oswaldo Cruz, Laboratório de Avaliação em Ensino e Filosofia das Biociências. *Email:* ricardopgebs@gmail.com

the film “The painted veil” (2006), which portrays an epidemic of cholera at China. The methodology involved a qualitative approach, of intervention, with students from a technical course integrated to High School, from a public school, in Petrópolis (RJ). After answering an initial questionnaire, they watched the mentioned film and excerpts from the documentary “The race of species”, which presents evolutionary aspects of diseases. Then, there was a debate and a study on possible relationships between Epidemiology and Evolution. Finally, we applied another questionnaire to try to recognize changes in the responses. The results indicate that certain evolutionary concepts started coexisting with previous concepts.

Keywords: Film as teaching strategy. Cholera. Theory of evolution.

1 INTRODUÇÃO

O presente artigo apresenta uma estratégia de ensino para alunos do Ensino Médio a partir da apresentação do filme “O despertar de uma paixão” (2006), do diretor John Curran. A película é baseada no livro *The painted veil* (O véu pintado), do escritor inglês William Somerset Maugham (1874-1965), que retrata uma grave epidemia de cólera em Mei-tan-fu, uma cidade fictícia no interior da China, em 1925. A solução que o protagonista, o bacteriologista Walter Fane, oferece à população do vilarejo atingido permite uma correlação com elementos da teoria da evolução biológica, possibilitando a articulação do ensino de doenças infectocontagiosas e o ensino de evolução².

Joseph Champoux enumera diversas aplicações possíveis dos filmes no ensino. O professor pode explorá-las de acordo com seu estilo de trabalho, seus objetivos e o conteúdo a ser ensinado. A escolha e a inserção de um determinado filme passam pela interpretação e apropriação deste pelo professor, e resultam na conseqüente adaptação do endereçamento³ a um novo contexto que produz possibilidades de leitura talvez não imaginadas pelos produtores, ou mesmo em desacordo com o endereçamento “original” (Champoux, 1999).

² Este artigo se baseia principalmente na pesquisa desenvolvida na dissertação de mestrado da primeira autora.

³ O modo de endereçamento diz respeito ao fato de que, mesmo que de forma abstrata, todo filme é construído visando e imaginando determinado público, e a maioria das escolhas estéticas e narrativas são feitas à luz de pressupostos sobre quem é este público.

O “reendereço” é realizado pelo professor quando insere a obra em sala de aula; ou seja, a partir das necessidades de educadores e alunos, o filme é “ressignificado” como um instrumento educativo (Rezende Filho *et al.*, 2015).

Consideramos que o filme “O despertar de uma paixão” pode permitir discussões a respeito de aspectos evolutivos de doenças, contribuindo para o ensino de evolução por seleção natural, conteúdo ainda muito mal compreendido pelos alunos de ensino médio e de outros segmentos (Lassen & Oliveira, 2015; Kuschmierz *et al.*, 2020).

Para tanto, apresentaremos de forma sucinta o que em círculos de especialistas se tem chamado de Medicina Evolutiva ou Medicina Darwinista, que é a mobilização da estrutura da teoria da evolução por seleção natural para equacionar problemas relacionados à saúde humana (Williams & Nesse, 1991; Nesse & Williams, 1997; Stearns & Medzhitov, 2016; Waizbort & Luz, 2017; Enam & Hashmi, 2018).

O roteiro de “O despertar de uma paixão” não segue de forma literal o livro de Maugham, mas é particularmente interessante ao ensino de ciências, pois, nessa versão do diretor John Curran, há grande enfoque na doença conhecida como cólera e suas consequências. As questões ambientais relacionadas à epidemia, as medidas de controle tomadas pelo Dr. Fane, sua postura investigativa e sua metodologia científica (inferidas por nós, como intérpretes), aparecem ricamente no filme, assim como as imagens das pessoas que sofrem com a cólera, que morrem devido a ela e que se relacionam com ela de forma direta ou indireta.

Londres sofreu com a cólera especialmente em três ocasiões no século XIX: 1831-1832, 1848-1849, 1853-1854. A análise minuciosa da situação no período entre 1849 e 1854 permitiu ao médico inglês John Snow (1813-1858) desenvolver uma metodologia para estudar as formas de transmissão (e, conseqüentemente, desenvolver medidas de controle) dessa doença, levando-o a ficar conhecido no campo da epidemiologia (Koifman, 1999).

Ao ler o relato de Snow ([1854] 1999) e assistir à forma como Walter Fane atua no vilarejo, é natural estabelecermos uma correlação entre os dois, embora não se esteja propondo qualquer relação de influência e causalidade. Anny Silveira identificou essa correlação:

O Dr. Fane também é apresentado como um aplicado cientista no encaço do micróbio do cólera e na investigação sobre as causas da contaminação verificada no povoado, irredutível nas medidas que devem ser tomadas para estancar o contágio, e incansável na busca de uma solução para o acesso da população ao abastecimento de uma água pura, livre do cólera. (Silveira, 2010, p. 228)

Note-se que a alusão de Silveira a uma água livre da bactéria, não leva em conta que talvez seja impossível livrar a água de todos os vibriões do cólera, embora seja possível, sobretudo à luz da Medicina Evolutiva, empregar estratégias que favoreçam linhagem menos virulentas do patógeno, ao invés de eliminá-lo, ou seja, é possível domesticar um patógeno, diminuir sua letalidade. Essa é exatamente a estratégia empregada por Paul Ewald (Ewald, 1994; Ewald *et. al.*, 1998), retratada de forma explícita no documentário *A corrida das espécies* (2001), conforme abordaremos adiante.

Snow identificou a relação entre as bombas de água e a contaminação das pessoas que delas se abasteciam (Snow, [1854] 1999). Fane mostrou que o poço do vilarejo estava contaminado com vibriões muito virulentos. Snow relatou que a forma de lidar com os cadáveres, sem as medidas adequadas de higiene, representava uma possível forma de transmissão:

[...] os serviços realizados em torno do cadáver, tais como deitá-lo, se realizados por mulheres da classe trabalhadora, que aproveitam a ocasião para comer e beber, são amiúde seguidos de ataques de cólera [...]. (Snow, [1854] 1999, p. 84)

Fane correlacionou, em cena silenciosa, mas significativa para os nossos propósitos, o cemitério da cidade chinesa com uma tal multitude de corpos, que mãos arroxeadas podiam ser vistas sobre a terra, em terreno em declive, junto ao rio que abastecia o vilarejo, contribuindo para a contaminação. Fane propõe explicitamente então que a população se abasteça de água um quilômetro acima (onde ele se assegurou, por intermédio de investigações microbiológicas, que a água não estava contaminada com os vibriões mortais).

Steven Johnson (2008), descreve John Snow como portador de um temperamento taciturno e destituído de emoção. Embora isso talvez seja um estereótipo, uma vez que ninguém pode ser completamente livre de emoções. Não se pode negar que, como médico, Snow

era observador e sagaz. Características bem marcantes em Walter Fane também. No âmbito do filme, a ação de Fane possibilitou àque-la população livrar-se da cólera, como Snow conseguiu em Londres:

[Remover] a manivela da bomba [da Broad Street] representa mais do que a redenção do bairro [Soho]. Assinala um momento crucial na luta entre o homem da cidade e o *Vibrio cholerae*; pois, pela primeira vez, uma instituição pública intervinha de modo consciente contra um surto de cólera, tendo por base uma razoável teoria científica (Johnson, 2008, p. 152)

Relevante considerarmos também que a cólera, embora ausente no Brasil, desde 2005, continua a produzir vítimas em grande número no mundo, e que as condições de vida estão amplamente correlacionadas à virulência do vibrião. A Organização Mundial da Saúde (OMS) recebe, em média, 129 mil a 589.900 notificações de casos por ano (WHO, 2017), mas afirma que há subnotificação e estima 2,8 milhões de casos por ano, em todo o mundo, com cerca de 91 mil mortes, em 51 países endêmicos (WHO, 2020).

A transmissão do vibrião ocorre por via fecal-oral, a partir da ingestão de água e/ou de alimentos contaminados. A patogenicidade ocorre mediada quase que exclusivamente pela ação da toxina colérica que leva à diarreia de até 20 L/dia (Brooks *et al.*, 2014, p. 256), com consequente desidratação, baixa expressiva da pressão arterial, insuficiência renal, coma e morte. A taxa de mortalidade sem tratamento é entre 25 e 50% (Brooks *et al.*, 2014). A diarreia tem aspecto de “água de arroz” (branca), sem pus ou sangue (Campos & Ferreira, 2008), com alto número de vibriões (100 milhões/mL) (Johnson, 2008).

As espécies de *Vibrio* são encontradas no ambiente aquático no mundo inteiro (Brooks *et al.*, 2014). *Vibrio cholerae* é autóctone de ecossistemas aquáticos, podendo ser encontrado em águas marinhas, estuarinas e dulcícolas, assim como na superfície e conteúdo intestinal de animais vertebrados e invertebrados (Campos & Ferreira, 2008). Sobrevive melhor na água do mar (cerca de 60 dias), de regiões temperadas e tropicais em todo o mundo, em temperatura entre 10 e 32°C. Em meio dulcícola, não vive mais que 19 dias (Brasil, 2010).

2 TEORIA DA EVOLUÇÃO POR SELEÇÃO NATURAL E DOENÇAS

Na mesma época e país em que Snow estudava a cólera, vivia o naturalista Charles Darwin (1809-1882) residindo a cerca de 30 quilômetros de Londres. Não há relatos de que Snow tenha conhecido Darwin, mesmo ambos sendo britânicos. O epidemiologista faleceu em junho de 1858, pouco mais de um ano antes do lançamento de *A origem das espécies*, publicado em 24 de novembro de 1859. Nesse livro, Darwin se referiu algumas vezes ao ser humano, sobretudo ao compor a analogia entre seleção artificial e natural, no âmbito evolutivo, mas, como se sabe, há apenas uma referência à espécie humana:

No futuro distante, visualizo novos campos que se estendem para pesquisas ainda mais importantes. A psicologia irá basear-se num fundamento novo, o da necessária aquisição gradual de cada faculdade mental. Nova luz será lançada sobre o problema da origem do homem e de sua história. (Darwin, [1859] 2002, p. 380)

Darwin (1859) não referiu a problemas de saúde humana. O historiador Pierre Méthot afirma que em *The variation in plants and Animals under Domestication*, Darwin (1868) se remete a doenças, como gota, tuberculose, insanidades e epilepsia (Méthot, 2015, p. 591). De fato, uma busca eletrônica no segundo volume dessa obra confirma a informação de Méthot (Darwin, 1868, vol. 2, pp. 7, 8, 11, 24, 77, 78, 97, 119, 142, 335, 371, 395). Com exceção da epilepsia, essas doenças também são encontradas em menor frequência no volume 1 do livro *The descent of man* (Darwin, 1871, pp. 12, 111, 244, 292). Também se encontram nesse livro escassas referências ao parasitismo em humanos (Darwin, 1871, p. 12, 191). Entretanto, mesmo em conjunto, essas referências são episódicas e Darwin não analisa e nem tampouco apresenta a possibilidade de integrar a teoria da evolução com a medicina.

Outras tentativas de aproximar a teoria da evolução por seleção natural e a resolução de problemas de saúde foram feitas entre 1880 e 1940 (Zampiere, 2009). Houve também outras poucas manipulações isoladas do raciocínio evolutivo para explicar a coevolução entre a malária e o genótipo heterozigoto para anemia falciforme (Haldane,

1949; Alisson, 1954), e a evolução da resistência a antibióticos (Blaser, 2013).

Entretanto, apenas em princípios da década de 1990, o encontro entre medicina e teoria da evolução deu ensejo a uma “nova ciência” (Alcock, 2012), denominada Medicina Evolutiva (ou Darwinista ou Evolucionária ou Darwiniana) (Williams & Nesse, 1991; Nesse & Williams, 1997; Stearns & Medzhitov, 2016; Waizbort & Luz, 2017; Enam & Hashmi, 2018), que pode ser definida como “a aplicação da teoria da evolução por seleção natural para compreender problemas de saúde que acometem populações humanas” (Waizbort & Luz, 2017, p. 489).

O que se concebe como a teoria da evolução por seleção natural é um conjunto de teorias elaboradas por Charles Darwin e, de uma forma ligeiramente diferente, por Alfred Russel Wallace. Ernst Mayr, (1982; 2009) destacou que, pedagogicamente, seria importante discernir, no âmbito da teoria da evolução de Darwin entendida de forma geral, cinco teorias evolutivas:

- 1) As espécies são mutáveis (teoria básica da evolução);
- 2) Todos os organismos descendem de um ancestral comum (teoria da origem comum);
- 3) A evolução é gradual, não existem saltos ou descontinuidades (teoria do gradualismo);
- 4) As espécies se multiplicam (teoria da especiação);
- 5) Na luta pela sobrevivência, em um determinado ambiente, uns indivíduos se saem melhor que outros modificando continuamente as populações (teoria da seleção natural). (Mayr, 2009, p. 113)

Quando indivíduos bacterianos, pertencentes à espécie *V. cholerae*, parasitam seres humanos, há uma interação entre indivíduos de duas populações: as espécies humana e do vibrião, e ambas mudam evolutivamente ao longo do tempo. “É a mudança das populações de organismos que constitui a evolução” (Mayr, 2009, p. 111). Os organismos que constituem as duas espécies possuem variações (ou diferenças individuais genéticas entre si) e, diante de condições ambientais específicas, certas características podem, na média, ser favorecidas facilitando a sobrevivência (e reprodução) de certos indivíduos em detrimento de outros. Ao passo que as variações populacionais são aleatórias, a seleção natural é, portanto, um processo não aleatório (Mayr, 1982).

O processo seletivo proposto pela teoria implica que em populações de espécies biológicas, sempre situadas em ambientes ecológicos específicos, determinadas variações são favorecidas em detrimento de outras. Se o ambiente for modificado, uma determinada variante, antes favorecida, pode ser desfavorecida, e vice-versa. Note-se, então que a evolução não é um processo determinista, e que o mecanismo da seleção natural também não funciona ao acaso, mas favorecendo certas variações, cujos portadores tenderão a deixar mais descendentes para as gerações futuras. A seleção natural não é teleológica. A teleologia é um tipo de explicação que mobiliza causas finais, ou seja, atribui finalidade e objetivo pré-determinados a processos e ações. É importante ressaltar esse aspecto, pois, ao longo de nossa pesquisa, nos deparamos com respostas teleológicas dos alunos para responder questões sobre a teoria da evolução.

De fato, há processos fisiológicos e comportamentais que são caracterizados e explicados em termos de função e finalidade (os olhos servem para ver, as hemácias existem para transportar oxigênio, a fuga para se proteger; a lista é virtualmente infinita); mas esse raciocínio não deve ser expandido para explicar como evoluíram as adaptações evolutivas. Do ponto de vista evolutivo não faz sentido pensar que os olhos apareceram por causa da necessidade de enxergar; as hemácias, pela necessidade de capturar oxigênio para a respiração; a fuga, pelo impulso de não ser imediatamente devorado. A evolução acontece à revelia das necessidades dos indivíduos; ela é um processo não intencional, populacional, seleção sem selecionador, cuja direção (favorecimento de determinadas variações em detrimento de outras) pode mudar com as mudanças ambientais. Basta, por exemplo, observarmos o alto número de espécies extintas no planeta por processos naturais. Todavia, há debates vivos sobre a pertinência ou não de se usar raciocínios teleológicos para explicar o processo evolutivo (Lennox, 1993; Ghiselin, 1994; Nagel, 2012; McDaniel, 2013), incluindo o uso da explicação por causas finais para objetivos pedagógicos (Ferreira, 2003; Nunes-Neto & El-Hani, 2009; Werth & Allchin, 2020).

A teoria da evolução por seleção natural procura explicar o processo de diversificação de espécies e o processo de adaptação evolutiva (Caponi, 2014). Focalizaremos aqui o processo de adaptação, fun-

damental para a temática da pesquisa. Atualmente a adaptação evolutiva pode ser definida como o "processo de mudança genética em uma população, devido à seleção natural, pelo qual o estado médio de um caráter (*uma característica*) é aperfeiçoado em relação a uma função específica" (Futuyma, 1998, p. 578). Caponi (2014) frisa que há uma diferença muito importante entre adaptação fisiológica e adaptação evolutiva, diferença essa que muitas vezes não é percebida por alunos quando estudam a teoria da evolução:

A capacidade que os músculos têm de crescer quando são exercitados regularmente talvez possa ser considerada uma adaptação evolutiva. Ela é um produto da seleção natural. Mas o crescimento de alguns dos nossos músculos por efeito de um esforço repetido é uma adaptação fisiológica; e são também adaptações fisiológicas tanto a hipertrofia do coração de um atleta como o batimento cardíaco aumentado que ocorre em resposta a um aumento pontual de atividade física. Mas essa margem suplementar de crescimento mais rápido, assim como a capacidade de incrementar o ritmo cardíaco, são adaptações evolutivas que herdamos, provavelmente de algumas espécies ancestrais muito remotas (Caponi, 2014, p. 192).

A *capacidade* de efetuar certa função e possuir certa estrutura ocorre ao longo de muitas gerações, no âmbito das populações (espécies) constituídas de indivíduos diferentes. A adaptação é um fenômeno populacional, pois, a cada geração, os indivíduos que, na média, sobrevivem ao processo de seleção natural, estão adaptados – isto é: apresentam características que os permitiram sobreviver melhor àquele ambiente. De acordo com Mayr: “A eliminação (*seleção natural*) não tem o ‘propósito’ ou a ‘meta teleológica’ de promover a adaptação; ao contrário, é a adaptação que é um subproduto da eliminação” (Mayr, 2009, p. 182). Indivíduos vivos não contribuem de forma ativa para tornarem-se mais bem adaptados, do ponto de vista evolutivo. No nosso trabalho, veremos, os alunos afirmam que tanto o vibrião da cólera quanto o indivíduo humano evoluem *para* continuarem sobrevivendo, ou seja, os indivíduos se adaptam *para* sobreviver e essas adaptações são transmitidas para as gerações seguintes, implicando a crença da herança dos caracteres adquiridos.

3 A MEDICINA EVOLUTIVA E A CÓLERA

O artigo de George Williams e Randolph Nesse⁴ (1991) é considerado o ponto de partida da Medicina Evolutiva (Williams & Nesse, 1991). Três anos depois eles publicaram um livro de divulgação científica (Nesse & Williams, 1994) que recebeu uma tradução brasileira em 1997 (Nesse & Williams, 1997). No livro em questão eles pontuam que uma das propostas centrais da Medicina Evolutiva é compreender o significado das adaptações evolutivas no contexto da saúde humana. Eles explicam:

Adaptações através das quais combatemos agentes patogênicos, adaptações de agentes patogênicos que se opõem às nossas adaptações, custos inadequados, porém necessários, de nossas adaptações, desencontros adaptativos entre a estrutura do nosso organismo e nossos atuais ambientes, e assim por diante (Nesse & Williams, 1997, p. X)

Em seus trabalhos, Williams e Nesse ressaltam a importância de se considerar as causas evolutivas (distantes) no estudo das doenças, ao lado de suas causas fisiológicas (próximas), comumente investigadas pela medicina mais tradicional (Waizbort & Luz, 2017). Ambos os autores ressaltam que a Medicina Evolutiva não é uma alternativa a formas mais tradicionais da medicina, não é um método curativo miraculoso, nem pretende o aperfeiçoamento da espécie (Nesse & Williams, 1997, p. 9). Ao contrário, ela procura complementar os achados da medicina tradicional com vistas a equacionar melhor tanto os quadros clínicos de pacientes quanto às circunstâncias epidemiológicas de populações humanas.

A Medicina Evolutiva analisa como a teoria da evolução pode contribuir para compreender, explicar, minimizar e talvez mitigar problemas de saúde humana. Williams leu o artigo do biólogo estadunidense Paul Ewald (1980), que o levou a correlacionar a evolução à medicina (Nesse & Williams, 1997, p IX). Ao que tudo indica, Ewald foi o primeiro médico a utilizar de forma sistemática a estrutu-

⁴ Randolph Nesse é médico psiquiatra e George Williams foi um biólogo evolucionista.

ra da teoria da evolução para lidar com problemas de saúde humana. Ewald realizou essa tarefa atacando uma forma difundida de interpretar as relações entre parasitos e seus hospedeiros. Até os primeiros anos da década de 1980, na epidemiologia, parasitologia e outros campos médicos e biológicos que lidavam com doenças infecciosas, considerava-se que a virulência de um parasito em relação ao seu hospedeiro decrescia obrigatoriamente com o passar das gerações (Palmieri, 1982; Doyle & Lee, 1985; Cimerman & Cimerman, 2002; Neves 2005). O prêmio Nobel Joshua Lederberg (1925-2008), em artigos de 1999 e 2000, era tributário dessa visão (Lederberg, 1999; 2000), assim como o geneticista Sérgio Pena que afirmava: “Parasitos bem-sucedidos e hospedeiros bem-sucedidos estão sempre em um ‘equilíbrio’ competitivo que permite a sobrevivência de ambos” (Pena, 2005, p. 143)

Em Ewald (1994), o autor faz uma síntese de trabalhos anteriores que combatem a ideia de que a relação entre parasitos e hospedeiros evolui inexoravelmente para esse suposto estado de equilíbrio, em que prejuízos ao hospedeiro são diminuídos, até chegar ao comensalismo ou mesmo simbiose. Ewald argumenta que a evolução da virulência depende do impacto do patógeno na mobilidade do hospedeiro e da forma como um agente patogênico alcança novos hospedeiros. Essa ideia é conhecida na biologia evolutiva como a hipótese do *trade-off*, no caso um equilíbrio entre a virulência e a reprodução do parasito dentro de um hospedeiro, de um lado, e de outro, sua transmissão a novos hospedeiros.

A virulência é normalmente definida como dano na aptidão, na capacidade de sobrevivência e reprodução do hospedeiro (Cressler *et al.*, 2016, p. 915). Todavia, a virulência não é uma característica fixa e essencial dos parasitos. Ela pode mudar dependendo do ambiente, e de como os hospedeiros se comportam diante da infecção. Como salienta Pierre Méthot:

[...] as interações parasita-hospedeiro são mais bem descritas como formando um *continuum* que vai do comensalismo e mutualismo ao parasitismo e patogenicidade, não como categorias biológicas discretas. (Méthot, 2012, p. 690)

Assim, para Ewald há um *trade-off* entre a reprodução e a transmissão de um parasito. Para Stephen Stearns (1989), os *trade-offs* represen-

tam os custos pagos, na moeda da aptidão, por uma mudança benéfica em uma característica, relacionada a uma mudança prejudicial em outra característica. Como se fosse um jogo de compensações, ou um balanço financeiro: com um determinado recurso, você pode comprar um bem, mas não pode, ao mesmo tempo, comprar outro. Ou dito de uma forma mais poética, sobre os benefícios e custo do heroísmo:

se debelo a grã cidade, não regresso,
mas compro glória eterna;
se torno ao doce ninho, murcha a glória,
terei velhice longa e fim tardio.

(Homero, *A Ilíada*, Livro IX, 2009, p.197)

Para Stearns, o mais proeminente *trade-off* da história de vida envolve o custo da reprodução. Ele possui dois grandes componentes: os custos pagos na sobrevivência e os custos pagos na reprodução futura (Stearns, 1989, p. 259). A relação entre virulência e transmissão de parasitos indica esse jogo de contrapartidas entre custos e benefícios - para a própria aptidão dos parasitos - de uma alta reprodução desses microrganismos, nos corpos dos hospedeiros, considerando tais hospedeiros como parte dos recursos que esses parasitos exploram (Waizbort & Porto, 2018). Dessa perspectiva, contrariando o consenso epidemiológico da década de 1980, a virulência poderia aumentar ou se manter em níveis altos ao longo do tempo, dependendo da forma de transmissão do parasito.

Assim, salienta Ewald, doenças que se disseminam por contato pessoal mais ou menos direto, em geral, devem ser menos virulentas do que as transmitidas por vetores, uma vez que os parasitos dependem da mobilidade do hospedeiro para serem transmitidos a outros hospedeiros. Por outro lado, doenças de transmissão indireta, veiculadas por mosquitos ou pela água, tendem a ser mais agressivas que aquelas transmitidas diretamente entre humanos, pois o movimento das próprias pessoas afetadas *não* é fundamental para a disseminação do agente patogênico. A cólera é veiculada pela água (principalmente). Os vibriões não dependem da mobilidade humana, como em um resfriado comum, para poderem ser transmitidos para novos hospedeiros. Nesse caso, segundo Ewald, pode haver a evolução de uma

virulência aumentada (Ewald, 1994). Ewald e colaboradores (1998), em relação à evolução da cólera em países da América Latina, ressaltaram:

A transmissão por via aquática permite que os patógenos diarreicos sejam transportados de hospedeiros infectados imobilizados para hospedeiros não infectados. Onde os suprimentos de água não são tratados, uma pessoa com doença diarreica incapacitante liberará os patógenos diarreicos em roupas, lençóis ou recipientes para coletar excrementos. Esses itens tendem a ser removidos pelos atendentes e lavados em canais ou rios, que podem ser usados como fontes de água potável ou podem fluir para o fornecimento de água potável. De qualquer forma, o ciclo é concluído quando indivíduos suscetíveis bebem a água contaminada (Ewald *et al.*, 1998, p. 568)

Quando a água utilizada para a higiene de um doente de cólera (ou de outra infecção gastrointestinal que deixe o hospedeiro imobilizado) se mistura com água potável, um grande número de pessoas suscetíveis pode ser infectado (Ewald, 1991). Para os patógenos, os benefícios são grandes porque muitos indivíduos suscetíveis podem ser contaminados pelo aumento do número de partículas infectantes na água. O custo dessa transmissão, para os patógenos, é baixo, pois ao invés de depender da mobilidade dos indivíduos infectados para a transmissão, eles tiram proveito da *mobilidade* dos atendentes e da água (Ewald *et al.*, 1998). Assim, onde o abastecimento de água é contaminado por esgoto, a seleção natural favorece os vibriões mais agressivos e virulentos, que não dependem de contato direto dos hospedeiros. Melhorando a qualidade da água, ou seja, impedindo que os vibriões de pessoas acamadas cheguem aos reservatórios de água que irá ser ingerida, cria-se uma pressão seletiva a favor de vibriões menos virulentos transmitidos por contato direto entre pessoas contaminadas, com sintomas muito mais brandos, e que não imobilizam as pessoas. Ou seja, nesse cenário, as bactérias menos virulentas ficam em vantagem. O saneamento público altera as forças de seleção (Nesse, 2001). Ao reduzir o potencial de transmissão por via aquática, pode-se forçar os patógenos diarreicos a evoluir para uma virulência reduzida (Ewald *et al.*, 1998).

Analisando amostras de *V. cholerae* na América Latina, após a epidemia do início dos anos 1990, Ewald e colaboradores (1998) sugeriram

ram que em regiões com melhor qualidade de água, especialmente no Chile, houve diminuição da virulência (atestada pela menor produção da endotoxina da bactéria); enquanto no Peru (em que o saneamento básico é mais precário), observaram maior virulência nessa espécie. Os pesquisadores, na época, compararam a importância dessas análises ao trabalho feito por Snow, no século XIX:

Ao quantificar as frequências de cólera em áreas de Londres, John Snow mostrou que havia uma associação com a contaminação do suprimento de água. Ao integrar *insights* evolutivos com esse tipo de *insight* epidemiológico, podemos acrescentar uma segunda dimensão aos estudos sobre a cólera, a saber, que a nocividade dos patógenos (e, portanto, a nocividade da infecção) também está associada à contaminação dos suprimentos de água (Ewald *et al.*, 1998, p. 570).

Quando, no filme, Walter Fane interdita o poço que abastece o vilarejo (à forma de John Snow e a bomba da Broad Street) e busca, rio acima, água não contaminada para a população de Mei-tan-fu, podemos inferir, à luz da Medicina Evolutiva que, gradativamente, a população de vibriões daquela área tornou-se cada vez menos virulenta, pois essa ação do Dr. Fane interferiu na “contaminação dos suprimentos de água”, conforme a citação acima (Ewald *et al.*, 1998, p. 570). Isso significa que, talvez, os vibriões não tenham desaparecido por completo, mas que as linhagens mais virulentas, que levam a morte em poucos dias, seriam, essas sim, cada vez menos representadas nas gerações subsequentes do vibrião. Note-se que estamos querendo sugerir que embora o processo evolutivo não tenha finalidade, não seja teleológico, a ação humana pode dirigir o caminho genético de uma população, por intermédio da mudança nas pressões de seleção. Um ambiente que favoreça a disseminação de linhagens mais virulentas pode ser modificado para um ambiente que favoreça linhagens menos virulentas, menos mortais.

Sabemos que esse raciocínio evolutivo, que seria o alvo ideal de nossa pesquisa, ficou longe de ser contemplado em nosso trabalho com os alunos, e que em parte isso é devido às limitações do nosso próprio instrumento de pesquisa, em parte pelo ambiente cognitivo dos alunos, majoritariamente ancorado em concepções teleológicas do processo evolutivo.

4 METODOLOGIA

4.1 O filme

“O despertar de uma paixão” foi escolhido por ser uma obra que trata de uma doença infectocontagiosa (cólera), e que mostra de forma clara e com riqueza de imagens suas formas de transmissão, sintomas e profilaxia. Também viabiliza a correlação com os trabalhos de John Snow e conceitos de epidemiologia e evolução. Além disso, tem indicação de faixa etária compatível (acima de 12 anos) e é um filme bem produzido e de boa qualidade estética.

À maneira de Fresnadillo-Martinez e colaboradores (2005), “O despertar de uma paixão” foi apresentado “integral e coletivo”; ou seja, por inteiro e para toda a turma. Essa forma vem ao encontro da proposta de permitir que o aluno se identifique com os personagens, compreendendo as suas histórias, o que proporciona também melhores possibilidades de debate.

Foi utilizada a versão dublada em português.

Para mostrar a relação entre uma doença e a teoria da evolução biológica, foram utilizados também trechos do filme/documentário “A corrida das espécies” (2001), produzido pela *Scientific American Brasil*, numa série intitulada Evolução: a incrível jornada da vida. O filme em questão corresponde ao Episódio IV do volume 3, apresenta áudio apenas em inglês e utilizamos o formato com legenda em português. Nele, pesquisadores, como o próprio Paul Ewald, explicam as bases da teoria da evolução por seleção natural a partir de problemas de saúde mundiais da atualidade. Doenças como tuberculose, Aids e cólera e suas possíveis formas de controle são analisadas à luz da evolução biológica.

4.2 Os questionários

Para identificarmos as concepções prévias sobre cólera e sobre teoria da evolução em uma turma de alunos do 1º. ano de Ensino Médio, antes de exibirmos o filme *O despertar de uma paixão*, foi aplicado um questionário com questões abertas (Questionário Inicial – QI), que possibilitou fazer um levantamento de dados (respostas) para identificar os conhecimentos prévios que os alunos traziam sobre os temas que seriam abordados. Eles permitiram uma certa padronização e comparação dos dados, facilitando sua análise e interpretação.

Optou-se por questões abertas e de linguagem simples (Vieira, 2009). Após a apresentação do filme, dos trechos do documentário e a discussão, os alunos responderam outro questionário (Questionário Final – QF), com as mesmas perguntas.

Colhemos 38 questionários iniciais e 37 finais. Toda identificação foi sigilosamente guardada. A organização e interpretação das informações recebidas foram realizadas empregando-se em parte a tematização proposta por Helena Fontoura (2011) para questões abertas e em parte a hierarquia de padrões de respostas de Mortimer, Chagas e Alvarenga (1998). As categorias que utilizamos foram desenvolvidas ao longo do processo de análise das respostas dadas pelos alunos.

Semelhante a Mortimer, Chagas e Alvarenga (1998), criamos uma hierarquia de padrões de respostas, em que a primeira categoria retrata que o estudante respondeu utilizando conceito que tem alguma correlação com a pergunta; enquanto o último padrão é “Em branco/Não sabe” (indicando que o aluno não respondeu à questão ou declarou seu desconhecimento sobre o assunto). Os padrões intermediários correspondem a respostas vagas e respostas em que não há correlações condizentes com as perguntas elaboradas.

A pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, CAEE 67084617.9.0000.5248, parecer número: 2.055.047, em conformidade com a resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os alunos responderam às seguintes questões, nessa ordem: 1) O que você entende por evolução biológica? 2) O que você entende por seleção natural? 3) O que você entende por adaptação? 4) O que você sabe sobre a doença cólera? 5) Como a cólera é transmitida? 6) Qual relação pode haver entre uma doença como a cólera e a teoria da evolução biológica?

Para cada uma das perguntas, analisamos e comparamos QI e QF. Podemos afirmar que, de um modo geral, houve mudança positiva nas respostas para os temas das perguntas. Em todos os QF, houve aumento de correlações das respostas às questões propostas, quando comparados com o QI. O padrão ‘Em branco/Não sabe’, em relação ao QI, diminuiu na maior parte das respostas, à exceção da questão 2

(sobre seleção natural), em que identificamos um pequeno aumento, e da questão 3 (sobre adaptação), que se manteve igual. A questão 2 foi a que percebemos ser a mais difícil para os alunos. Pressupomos que o aumento de ‘Em branco/Não sabe’ pode significar maior conscientização dos alunos acerca dessa dificuldade, pois diminuiu bastante também o percentual de respostas sem correlação com a pergunta. O padrão ‘Qualquer conceito em que não se identificou correlação com a pergunta’ também apresentou diminuição em todas as respostas de QF, quando comparadas ao QI. A pergunta 6 (correlacionando evolução e cólera) apresentou, para esse quesito, praticamente o mesmo percentual nas respostas, mas houve diminuição no padrão ‘Em branco/Não sabe’.

Essa análise puramente descritiva tem que ser balanceada por considerações mais qualitativas, pois não refletem a imensa dificuldade que os alunos experimentam com os conceitos relacionados à teoria da evolução e ao seu complexo significado científico. De particular importância, relatada na literatura sobre o tema, é a dificuldade de compreender que a teoria da evolução não implica em um processo teleológico, em que mudanças causadas aos indivíduos durante sua vida seriam transmitidas às gerações seguintes, processo conhecido como herança dos caracteres adquiridos, erroneamente atribuído a Lamarck (Martins, 1999; Lassen & Oliveira, 2015; Kuschmierz *et al.*, 2020). Confunde-se processos de adaptação fisiológica com adaptação evolutiva (Caponi, 2014).

Descreveremos a seguir algumas respostas que representam essa situação. A questão 6 (“Qual relação pode haver entre uma doença como a cólera e a teoria da evolução biológica?”) estará no foco de nossa análise, mas antes faremos uma breve apresentação das cinco primeiras questões, para uma melhor compreensão dos resultados e limites dessa pesquisa.

Pergunta 1 – O que você entende por Evolução Biológica?

Observamos que o percentual de respostas em branco passou de 10,5 para 2,7%. As respostas que não expressaram qualquer correlação com a pergunta só apareceram no QI. Apesar disto, o percentual de respostas vagas manteve-se semelhante em ambas as etapas. As respostas mais bem correlacionadas à pergunta aumentaram de 31,7 para 43,2%. Também houve modificações (de 18,4% para 24,3%) que

demonstravam que o aluno adquiriu um certo entendimento de que a evolução ocorre a populações, com as respostas que se referiam a um indivíduo (“um ser”, como na expressão a seguir), se transformando em respostas com um leve sabor populacional, como mostrado pelo aluno 4 (A4):

Aluno 4:

QI: “É a mudança que um ser sofre.”

QF: “É um conjunto de transformações em um grupo de seres vivos com o passar dos anos e é hereditário.”

O fato de que, no QF, há referência de que o processo evolutivo (“transformações”) ocorra a um “grupo de seres”, e que é “hereditário” mostra que de fato há uma mudança em relação à resposta dada ao QI. Entretanto, não se pode afirmar que tal mudança signifique que A4 tenha apreendido o caráter seletivo e populacional do fenômeno que trata a teoria da evolução.

Pergunta 2 – O que você entende por seleção natural?

O padrão que apresentou maior diferença entre QI e QF foi o de respostas que não expressaram qualquer correlação com a pergunta (36,9 para 13,5%). O percentual de respostas em branco subiu de 18,4 para 21,6%, enquanto o de respostas vagas foi bem parecido em ambas as etapas. As respostas mais bem correlacionadas à pergunta aumentaram de 26,3 para 48,7%, como a do aluno 14 (A14), que passou a uma reflexão envolvendo ‘espécie’, ‘adaptação’ e ‘descendência’:

Aluno 14:

QI: “É a seleção da natureza.”

QF: “É quando um ser de uma determinada espécie (sofre uma) adaptação na qual se ela for boa ela passará aos seus descendentes ou, caso não, morrerá nele.”

Aqui está clara a expressão de que a seleção natural, para A14, é um processo finalístico que ocorre a um indivíduo (“um ser” no QF). Há uma confusão entre adaptação fisiológica e adaptação evolutiva, do tipo apontado por Caponi (2014).

Pergunta 3 – O que você entende por adaptação?

Analisamos que o percentual de respostas em branco manteve-se o mesmo (2,7%) e o de respostas que não expressaram qualquer correlação com a pergunta caíram de 23,7 para 10,9%.

Mais uma vez, percebemos conceitos, no QI, envolvendo adaptações individuais, fisiológicas (homeostase) e, posteriormente, no QF, passam a se referir à espécie, como o aluno 30, a seguir. Houve decréscimo do percentual desse padrão, de 68,4% para 62,1%; ao passo que o de respostas envolvendo a noção de ajustes populacionais subiu de 5,3 para 24,3%.

Aluno 30:

QI: “São as mudanças ocorridas no corpo por conta do clima e local.”

QF: “É a capacidade de uma espécie de se acostumar ao ambiente ou às condições que são dadas.”

No QF, esse aluno faz referência à espécie como o sujeito do processo de adaptação, que seria uma capacidade de se acostumar a um determinado ambiente. Embora essa referência possa sugerir que o aluno apreendeu que a evolução biológica é um processo que ocorre no nível das populações e não dos indivíduos, não se pode descartar que essa capacidade da espécie não provenha da capacidade de cada indivíduo de se adaptar (fisiologicamente) a um dado ambiente. Atenemos para o fato de que no QI esse aluno define adaptação como “mudanças ocorridas no corpo por conta do clima e local”.

Pergunta 4 – O que você sabe sobre a doença cólera?

Inicialmente os alunos sabiam muito pouco sobre cólera. A maioria deixou essa questão em branco (39,5%) ou declarou que nada sabia (39,5%). Essa situação se modificou totalmente no QF e esses dois padrões chegaram a zero.

Aluno 9:

QI: ‘Em branco’

QF: “Que causa desidratação, pode matar em até 36 horas e é transmitida pela água.”

O QF da pergunta 4 mostra claramente que grande parte dos alunos que não sabiam praticamente nada sobre cólera, passaram a identificar algumas de suas mais importantes características (os percentuais passaram de 7,9 para 89,2%).

Pergunta 5 – Como a cólera é transmitida?

Aluno 8:

QI: ‘Em branco’

QF: “Ela é transmitida pela água”.

Como assinalado, a mudança entre o QI e o QF da pergunta 5 demonstra que os alunos conseguem expressar corretamente as vias pelas quais se adquire a doença (89,2% em QF). Os padrões em que se evidenciava falta de correlação às questões (44,8% no QI) e ‘Em branco/Não sabe’ (36,8% no QI) chegaram a zero no QF, assim como na pergunta 4.

Pergunta 6 - Qual relação pode haver entre uma doença como a cólera e a teoria da evolução biológica?

A figura 1 demonstra a tabulação das respostas dos estudantes à pergunta 6 e a quantificação das mesmas (em números absolutos e em percentuais), tanto para o QI (n = 38), quanto para o QF (n = 37). Nós desenvolvemos tais padrões de respostas a partir da leitura e muitas releituras das respostas dadas pelos alunos à pergunta 6.

Enquanto os números absolutos e percentuais nos QF aumentam para o padrão de resposta 1 (e até para o 2), para o padrão 3 não há alteração e para o padrão 4 há uma diminuição acentuada.

A figura 2 apresenta uma comparação específica entre os percentuais de QI e QF para esta sexta pergunta, indicando esse relevante aumento do percentual de respostas em que há correlações entre evolução e cólera (padrão 1).

Padrões de respostas	Respostas (QI)	Respostas (QF)	Percentuais QI	Percentuais (QF)
Microrganismos e seres humanos evoluem; logo, a doença também pode mudar com o tempo	13	23	34,2%	62,1%
Seres humanos evoluem	01	02	2,6%	5,4%
Qualquer conceito em que não se identificou correlação com a pergunta	07	07	18,4%	19%
Em branco/Não sabe	17	06	44,8%	16,2%
Total	38	37	100%	100%

Figura 1. Categorização e tabulação das respostas de QI e QF à questão número 6.

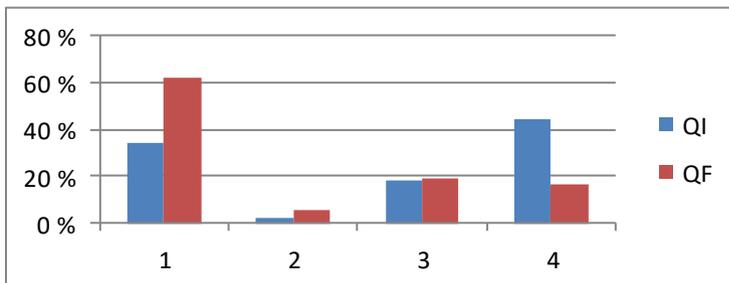


Figura 2. Comparação dos percentuais entre QI e QF – Questão 6. Os números 1 a 4 correspondem aos padrões de respostas.

Exemplos que ilustram os resultados representados no gráfico anterior podem ser observados nas seguintes respostas:

Aluno 20 (A20):

QI: ‘Em branco’

QF: “Pode-se diminuir a virulência da cólera com um tipo de evolução.”

A20, que não respondeu a esta pergunta no QI, passou a mostrar uma ideia de ‘virulência’ e de possibilidade de alteração dessa virulência, ainda que tenha tido dificuldade para expressar esse mecanismo, indicando provavelmente que o próprio conceito de evolução não está bem sedimentado. Todavia, sua resposta talvez esteja bem relacionada com a ideia de Ewald que oferece, em trecho do vídeo assistido em sala de aula, a possibilidade de usar conceitos evolutivos com vistas a pressionar populações de microrganismos para uma menor virulência. Vejamos mais alguns exemplos de resposta à pergunta 6:

Aluno 32 (A32):

QI: “Que a cólera conseguiu se adaptar ao meio e ‘as’ mudanças e evoluiu.”

QF: “A relação entre a cólera e a teoria da evolução biológica é que a bactéria da cólera pode sofrer mudanças, evoluir para impedir que seja afetada e exterminada pelos antibióticos. Conforme o tempo passa, as bactérias estão conseguindo inibir o efeito dos remédios pelo fato de que, nós, seres humanos, ingerimos remédios que em sua maioria, não são necessários.”

Ambas as respostas de A32 foram classificadas no padrão 1; no entanto, observa-se que o aluno constrói a segunda resposta com mais elementos. No QI, revelam-se conceitos tais como ‘adaptação’, ‘meio’ e ‘mudanças’. No QF, ele identifica a bactéria causadora da doença, um microrganismo, passível de evoluir (ainda que com ideias teleológicas: “para impedir que seja afetada e exterminada”) gradativamente (“conforme o tempo passa”) e a relação com os seres humanos. Provavelmente, a descrição dos efeitos de antibióticos se deve mais uma vez à explicação apresentada no documentário *A corrida das espécies*, que alerta para o uso indiscriminado dessas substâncias e o aumento da resistência entre as populações bacterianas.

A seguir, mais um caso explícito da necessidade da mudança no indivíduo (explicação lamarckista):

Aluno 33:

QI: ‘Em branco’

QF: “Que a cólera também precisa adaptar-se para assim sobreviver podendo diminuir sua força, tornando-a quase imperceptível para entrar nos seres vivos e sobreviver”.

Ainda que possamos identificar a ideia de modificação de virulência (“podendo diminuir sua força”), relacionada aos conceitos de adaptação e seleção natural, a ideia de que uma entidade biológica qualquer precisa se adaptar para sobreviver revela incompreensão a respeito de como a seleção natural atua, completamente alheia a qualquer sinal necessidade. As espécies não mudam porque é necessário; elas mudam porque características herdáveis de alguns indivíduos variam entre si (os indivíduos são geneticamente diferentes em relação a inúmeras características); e porque essa variação é submetida a um regime seletivo: logo aquelas variações que na média são favorecidas pelo ambiente seletivo tendem a prosperar. Não há necessidade nesse processo; as espécies podem não fazer frente ao ambiente em que se encontram e perecer para sempre.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como se pode observar, não podemos afirmar que os alunos participantes de nossa pesquisa mudaram suas concepções a respeito de temas relativos à relação entre cólera e evolução biológica. Muitas respostas, em ambos os questionários, retratam, por exemplo, expli-

cações teleológicas. Mas podemos supor que certos conceitos evolutivos que procuramos apresentar ao discutir o filme “O despertar de uma paixão” passaram a coexistir com outros conceitos.

De qualquer forma, acreditamos ter desenvolvido uma proposta para o ensino de doenças infectocontagiosas e de questões evolutivas a elas relacionadas a partir da utilização do filme *O despertar de uma paixão* associado a trechos do documentário *A corrida das espécies*. Conceitos como evolução biológica, adaptação e seleção natural, quando bem entendidos pelo aluno, são capazes de permitir a compreensão de outros conceitos e ajudam a ampliar a dimensão da importância da teoria da evolução.

Associar evolução à epidemiologia, como propõe a Medicina Evolutiva, amplia não apenas nosso entendimento sobre os patógenos, mas nos permite uma melhor capacitação para sua profilaxia. Identificar nas ações de Walter Fane, no filme, semelhanças com John Snow facilita ainda ao aluno compreender a sua importância na história da epidemiologia.

Tradicionalmente, procura-se exemplificar a seleção natural pela evolução de grandes animais. No entanto, é em microrganismos, como bactérias e vírus, causadores de muitos danos aos seres humanos, que o processo evolutivo é mais fácil de surpreender, pois ocorre em um tempo que pode ser por nós acompanhado. A compreensão da evolução desses seres pode auxiliar a prevenção de doenças.

Assim, com o presente estudo, pretendemos aprimorar estratégias de uma abordagem convidativa e motivadora ao aprendizado do aluno, para a construção do conhecimento sobre doenças infectocontagiosas à luz da teoria da evolução no âmbito escolar, de forma a propiciar uma visão consciente do mundo onde vivemos, com mais autonomia, aplicando os saberes desenvolvidos nas aulas de Biologia em seu cotidiano. Nesse sentido, esperamos contribuir para a formação de cidadãos críticos, sensíveis e solidários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCOCK, Joe. Emergence of evolutionary medicine: publication trends from 1991–2010. *Journal of Evolutionary Medicine*, 1 (2): 1-12, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4303/jem/235572>

- ALISSON, Anthony C. The distribution of the sickle-cell trait in East Africa and elsewhere, and its apparent relationship to the incidence of subtertian malária. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, **48** (4): 312-318, 1954. DOI: [https://doi.org/10.1016/0035-9203\(54\)90101-7](https://doi.org/10.1016/0035-9203(54)90101-7)
- BLASER, Martin J. *Missing Microbes: How the overuse of antibiotics is fueling our modern plagues*. New York: Henry Holter, 2013.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Manual integrado de Vigilância Epidemiológica da Cólera*/Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. 2. ed. rev. Brasília: Ministério da Saúde, 2010. Disponível em: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/manual_integrado_vigilancia_colera2ed.pdf. Acesso em: 8 mar. 2021.
- BROOKS, Geo. F.; CARROLL, Karen C.; BUTEL, Janet S.; MORSE, Stephen A.; MIETZNER, Timothy A. [1954]. *Microbiologia médica de Jawetz, Melnick & Adelberg*. Trad. Cláudio M. Rocha-de-Souza. 26. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- CAMPOS, Leila C.; FERREIRA, Eliane de O. *Vibrio cholerae*. Pp.347-354, in: TRABULSI, Luiz R.; ALTERTHUM, Flavio (orgs.). *Microbiologia*. 5. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.
- CAPONI, Gustavo. Contra el neolamarckismo escolar La representación fisiológica de la adaptación como obstáculo epistemológico para la comprensión de la teoría de la selección natural. *Acta Scientiae*, **16** (2), 189-199, 2014.
- CHAMPOUX, Joseph E. Film as a teaching resource. *Journal of management inquiry*, **8** (2): 206-217, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1177/105649269982016>
- CIMERMAN, Benjamin; CIMERMAN, Sérgio. *Parasitologia humana e seus fundamentos gerais*. São Paulo: Ateneu, 2002.
- CRESSLER, Clayton E.; MCLEOD, David V.; ROZINS, Carly; van den HOOGEN, José; DAY, Troy. The adaptive evolution of virulence: a review of theoretical predictions and empirical tests. *Parasitology*, **143**: 915-930, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1017/S003118201500092X>
- CURRAN, John (Dir.). “O despertar de uma paixão”. Estados Unidos-China: Swen Filmes, 2006. (124 min.), DVD. Título original: “The painted veil”.

- DARWIN, Charles R. [1859]. *Origem das espécies*. Trad. Regina Regis Junqueira. Belo Horizonte: Itatiaia, 2002.
- DARWIN, Charles R. *The variation of animals and plants under domestication*. London: John Murray. Vol. 2. 1868. Disponível em: http://darwin-online.org.uk/converted/published/1868_Variation_F877/1868_Variation_F877.2.html
- DARWIN, Charles R. *The descent of man*, and selection in relation to sex. London: John Murray. 1st edition. 1871. Disponível em: <http://darwin-online.org.uk/content/frameset?pageseq=1&itemID=F937.1&viewtype=text>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- DOYLE, Ronald Jennings; LEE, Nancy. Microbes, warfare, religion and human institutions. *Canadian Journal of Microbiology*, 32: 193-200, 1985. DOI: <https://doi.org/10.1139/m86-040>
- ENAM, Syed F.; HASHMI, Shumaila. The importance of evolutionary medicine in developing countries: a case for Pakistan's medical schools. *Evolution, Medicine, and Public Health*, 1: 26-33, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/emph/eoy004>.
- EWALD, Paul W. Evolutionary biology and the treatment of signs and symptoms of infectious disease. *Journal of theoretical Biology*, 86 (1): 169-176, 1980. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(80\)90073-9](https://doi.org/10.1016/0022-5193(80)90073-9)
- EWALD, Paul W. Waterborne transmission and the evolution of virulence among gastrointestinal bacteria. *Epidemiology and Infection*. 106, 83-119, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0950268800056478>
- EWALD, Paul W. *Evolution of infectious disease*. New York: Oxford University Press, 1994.
- EWALD, Paul W.; SUSSMAN, Jeremy B.; DISTLER, Matthew T.; LIBEL, Camila; CHAMMAS, Wahid P.; DIRITA, Victor J.; SALLES, Carlos A.; VICENTE, Ana C.; HEITMANN, Ingrid; CABELLO, Felipe. Evolutionary control of infectious disease: prospects for vectorborne and waterborne pathogens. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 93 (5): 567-576, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0074-02761998000500002>
- FERREIRA, Marcelo Alves. A teleologia na biologia contemporânea. *Scientia Studia*, 1 (2): 183-93, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-31662003000200004>

- FONTOURA, Helena A. Tematização como proposta de análise de dados na pesquisa qualitativa. Pp. 61-82, in: FONTOURA, Helena A. (org.). *Formação de professores e diversidades culturais: múltiplos olhares em pesquisa*, v.1. Niterói, RJ: Intertexto, 2011.
- FRESNADILLO-MARTÍNEZ, María J.; AMADO, Carmen D.; GARCIA-SÁNCHEZ, Enrique; GARCIA-SÁNCHEZ, José E. Teaching methodology for the utilization of cinema in the teaching of medical microbiology and infectious diseases. *Journal of Medicine and Movies*, **1** (1): 17-23, 2005.
- FUTUYMA, Douglas J. *Evolutionary Biology*. Sunderland: Sinauer, 1998.
- GHISELIN, Michael T. Darwin's language may seem teleological, but his thinking is another matter. *Biology and Philosophy*, **9**: 489–492, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00850377>
- HALDANE, John Burdon Sanderson. The rate of mutation of human genes. *Hereditas*, **35**: 267-273, 1949.
- HOMERO. [1874]. *Iliada*. Trad. Manoel Odorico Mendes. Digitalização do Vol. XXI dos Clássicos Jackson. 2009. Disponível em: <http://www.ebooksbrasil.org/adobeebook/iliadap.pdf>
- JOHNSON, Steven. *O mapa fantasma: como a luta de dois homens contra a cólera mudou o destino de nossas metrópoles*. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.
- KOIFMAN, Sérgio. Apresentação da segunda edição brasileira. in: SNOW, J. *Sobre a maneira de transmissão do cólera*. 2. ed. São Paulo: HUCITEC/Rio de Janeiro: ABRASCO, 1999.
- KUSCHMIERZ, Paul; MENEGANZIN, Andra; PINXTEN, Rianne; PIEVANI, Telmo; CVETKOVIĆ, Dragana; MAVRIKAKI, Evangelia; GRAF, Dittmar; BENIERMANN, Anna. Towards common ground in measuring acceptance of evolution and knowledge about evolution across Europe: a systematic review of the state of research. *Evolution: Education and Outreach*, **13** (1): 1-24, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12052-020-00132-w>
- LASSEN, Manoel F. M.; OLIVEIRA, Inaiara R. de. Percepções e conhecimento dos estudantes do curso de Ciências Biológicas sobre evolução biológica e origem das espécies. *Salão do Conhecimento*, **1**(1), 2015.

- LEDERBERG, Joshua. Infectious disease as an example of evolution. Pp. 13-17, *in*: DESALLE, Robert (Ed.). *Epidemic! The World Infectious Disease*. New York: The New Press & The American Museum of Natural History, 1999.
- LEDERBERG, Joshua. Infectious history. *Science*, **288** (5464): 287-293, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.288.5464.287>
- LENNOX, James G. Darwin was a teleologist. *Biology and Philosophy*, **8**: 409-421, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00857687>
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. Lamarck e as quatro leis da variação das espécies. *Epistême. Filosofia e História da Ciência em Revista* **2** (3): 33-54, 1997.
- MAUGHAM, William S. *O véu pintado*. Trad. Amílcar de Garcia. São Paulo: Círculo do Livro, 1980.
- MAYR, Ernst. *O desenvolvimento do pensamento biológico*. Trad. Amílcar de Garcia. Brasília: UnB, 1982.
- MAYR, Ernst. *O que é a evolução*. Trad. Ronaldo Sergio de Biasi e Sergio Coutinho de Biasi. Rio de Janeiro: Rocco, 2009.
- MCDANIEL, Stan V. Mind and cosmos: Why the Neo-Darwinian conception of nature is almost certainly false by Thomas Nagel. *Journal of Scientific Exploration*, **27** (2) 2013.
- MÉTHOT, Pierre-Olivier. Understanding pathogens in the era of next generation sequencing. *The Journal of Infection in Developing Countries*, **6** (9): 689-691, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3855/jidc.3012>
- MÉTHOT, Pierre-Olivier. Darwin, evolution, and medicine: Historical and contemporary perspectives. Pp. 587-617, *in*: HEAMS, Thomas; HUNEMAN, Philippe; LECOINTRE, Guillaume; SILBERSTEIN, Marc. (eds.). *Handbook of Evolutionary Thinking in the Sciences*. Cham: Springer, 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-017-9014-7_27
- MORTIMER, Eduardo; CHAGAS, Alexander N.; ALVARENGA, Vera T. Linguagem científica versus linguagem comum nas respostas escritas de vestibulandos. *Investigações em ensino de ciências*, **3** (1): 7-19, 1998.
- NAGEL, Thomas. *Mind and cosmos: why the materialist Neodarwinian conception of nature is almost certainly false*. New York and Oxford: Oxford University Press. 2012.

- NESSE, Randolph M.; WILLIAMS, George C. *Por que Adoecemos?* Rio de Janeiro, RJ: Campus, 1997.
- NESSE, Randolph M. How is Darwinian medicine useful? *Western Journal of Medicine*, **174** (5), 358-360, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1136/ewjm.174.5.358>
- NEVES, Davi Pereira. Relação parasito-hospedeiro. Pp. 7-13, in: NEVES, Davi Pereira; MELO, Alan Lane; LINARDI, Pedro Marcos; VITOR, Ricardo. W. de Almeida. *Parasitologia médica*. São Paulo: Atheneu, 2005.
- NUNES-NETO, Nei Freitas; EL-HANI Charbel Niño. O que é função? Debates na filosofia da biologia contemporânea. *Scientia Studia*, São Paulo, **7** (3): 353-401, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-31662009000300002>
- PALMIERI, James R. Be fair to parasites. *Nature*, 298: 220, 1982.
- PENA, Sérgio. Parasitos e hospedeiros: evolução genômica sob o jugo da Rainha Vermelha. Pp. 143-147, in: COURA, José Rodrigues. *Dinâmica das doenças infecciosas e parasitárias*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- REZENDE FILHO, Luiz A. C.; BASTOS, Wagner G.; PASTOR JUNIOR, Américo A.; PEREIRA, Marcus V.; SÁ, Marcia B. Contribuições dos estudos de recepção audiovisual para a educação em ciências e saúde. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, **8** (2): 143-161, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2015v8n2p143>
- SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL. Evolução: a incrível jornada da vida. Episódio IV: A corrida das espécies. Série 3, Scientific American, BBC, Discovery Chanel e ProSieben, 2001. (60 min), DVD.
- SILVEIRA, Anny J. T. O despertar de uma paixão. Pp. 211-230, in: FIGUEIREDO, Betânia G.; SILVEIRA, Anny J. T. (orgs.). *História da ciência no cinema*, vol 3. Belo Horizonte, MG: Argvmentvm, 2010.
- SNOW, John. [1854] *Sobre a maneira de transmissão do cólera*. Trad. Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (USAID). 2. ed. São Paulo: HUCITEC/Rio de Janeiro: ABRASCO, 1999.

- STEARNS, Stephen C. Trade-offs in life-history evolution. *Functional Ecology*, **3** (3): 259-268, 1989. DOI: <https://doi.org/10.2307/2389364>
- STEARNS, Stephen C.; MEDZHITOV, Ruslan. *Evolutionary Medicine*. Sunderland: Sinauer Associates, 2016.
- VIEIRA, Sonia. *Como elaborar questionários*. São Paulo, SP: Atlas, 2009.
- WAIZBORT, Ricardo F; LUZ, Maurício R. M. P. da. Medicina evolutiva: incorporando a teoria da evolução na formação de profissionais de saúde brasileiros. *Revista Brasileira de Educação Médica*, **41** (4): 487-496, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-52712015v41n4rb20160074>
- WAIZBORT, Ricardo; PORTO, Filipe. Raízes históricas da medicina evolutiva, a hipótese do *trade-off* entre virulência e transmissão, de Paul Ewald. *Filosofia e História da Biologia*, **13** (2): 229-261, 2018.
- WERTH, Alex; ALLCHIN, Douglas. Teleology's long shadow. *Evolution: Education and Outreach*, **13** (4): 1-11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12052-020-00118-8>
- WILLIAMS, George C.; NESSE, Randolph M. The dawn of Darwinian medicine. *The Quarterly review of biology*, **66** (1): 1-22, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1086/417048>
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO. *Weekly Epidemiological Records (WER)*.; vol. 92, 36, pp. 521-536, 08 set. 2017. Disponível em: <<https://www.who.int/wer/2017/wer9236/en/>> Acesso em: 14 abr. 2018.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO. *Weekly Epidemiological Records (WER)*.; *Cholera - 2019*. vol. 95, 37, pp. 441-448, 11 set. 2020. Disponível em: <https://www.who.int/wer/2020/wer9537/en/> Acesso em 08 mar. 2021.
- ZAMPIERI, Fabio. Origins and history of Darwinian Medicine. *Humanamente*, **9**: 13-38, 2009.

Data de submissão: 03/12/2020

Aprovado para publicação: 09/03/2021