

**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul
Campus Porto Alegre**

Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza: Biologia e Química

**EQUÍVOCOS CONCEITUAIS SOBRE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA
ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA E ELABORAÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO
PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA**

Victória Pereira da Silva

Orientadora: *Prof.^a Dr.^a Juliana Schmitt de Nonohay*
IFRS - Campus Porto Alegre

Co-orientador: *Prof. Dr. Luciano Basso da Silva*
Universidade Feevale

Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em
Ciências da Natureza: Biologia e Química, do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Rio Grande do Sul (IFRS) - Campus Porto
Alegre.

Porto Alegre
novembro de 2024

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. JUSTIFICATIVA	8
3. OBJETIVOS	9
4. METODOLOGIA	10
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
6. CONCLUSÕES	38
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
8. ANEXOS	42

RESUMO

O presente trabalho objetivou identificar as principais dificuldades dos professores em ensinar evolução biológica, e os principais equívocos que os alunos (principalmente da educação básica, mas também alunos de graduação e pós-graduação) possuem sobre a temática. Esta identificação foi feita através de pesquisa bibliográfica, onde foram selecionados cinco trabalhos sendo eles três artigos, uma monografia e um capítulo de livro, que foram considerados os mais adequados e completos, considerando os objetivos desta pesquisa. Somando a análise dos trabalhos selecionados, com a análise de dois documentos orientadores da educação básica (BNCC e PCN), o presente trabalho apresentará um material didático com linguagem acessível destinado a professores de biologia e alunos do ensino médio, de forma a auxiliar no aprendizado desta temática tão importante e estruturante da biologia, justamente nos pontos onde foram identificados mais dificuldades e equívocos ao compreender a evolução biológica. As confusões conceituais acerca da evolução biológica são de diversas categorias, como tempo geológico, evidências da evolução, confusões sobre os mecanismos evolutivos, dentre outros que serão explorados no trabalho. De acordo com o que as pesquisas acerca do ensino sobre evolução biológica que nortearam este trabalho apontam, foi possível concluir que os documentos orientadores nacionais para a educação básica, podem corroborar com alguns equívocos sobre a evolução biológica.

1 INTRODUÇÃO

A Biologia Evolutiva é o estudo da história da vida na Terra e dos processos que levam à sua diversidade, procurando explicar todas as características dos organismos e assim ocupando uma posição central dentro das ciências biológicas (FUTUYMA, 2002). Além de fundamentar as características da biodiversidade atual, respalda o surgimento e a extinção das espécies ao longo da existência da vida em nosso planeta.

Segundo Tidon (2009), os cientistas costumam dizer que a biologia evolutiva é o eixo transversal que percorre todas as áreas das ciências biológicas, atingindo inclusive alguns segmentos das ciências exatas e humanidades.

Em relação ao ensino, Futuyma (2002) citou que, para além do conhecimento tradicional escolar, o aprendizado sobre a evolução é importante para uma cidadania plena, informada e educada cientificamente.

Araújo e Vieira (2021) trazem duas razões do porquê a evolução deve ser também eixo central para o ensino de biologia:

- 1º “A biologia sem evolução perde a sua dimensão histórica.”

- 2º “.. a teoria evolutiva promoveu a unificação da biologia - principalmente através do movimento chamado de síntese moderna da evolução¹.”

Salientando, em especial, a afirmação clássica “Nada na Biologia faz sentido exceto à luz da Evolução” do biólogo evolucionista Theodosius Dobzhansky (1900-1975), russo naturalizado americano e um dos elaboradores da Síntese Moderna da Evolução¹ (também denominada Teoria Sintética da Evolução ou Neodarwinismo), que destaca a evolução como unificadora da biologia. (Dobzhansky, 1973)

Entretanto, Futuyma (2002) cita que “Por incrível que possa parecer na era das naves espaciais e dos supercomputadores, as pesquisas revelam que mais da metade do público dos Estados Unidos nem mesmo acredita na veracidade científica da Evolução, o princípio unificador de toda a Biologia”. Corroborando, no artigo de Tidon e Lewontin (2004) há a referência a Barbera *et al.* (1999), que afirmam que, em currículos espanhóis, o estudo da evolução e seus processos nunca foram abordados de maneira satisfatória.

¹ Síntese moderna da evolução: Também denominada de Neodarwinismo ou Teoria Sintética da Evolução, nascida nas décadas de 30 e 40 e desenvolvida por R.A. Fisher, J.B.S. Haldane e Sewall Wright, a teoria se fundamenta nas ideias de que a seleção natural de Darwin poderia se concretizar ao lado da genética mendeliana. (LIPORINI, 2014, p. 18).

Por sua vez, Oliveira e Bizzo (2011) relataram que em países europeus e no Japão, a população tende a aceitar mais a evolução. Na Islândia, Dinamarca, Suécia e França pelo menos 80% dos adultos aceitam a evolução biológica, da mesma maneira que 78% dos adultos japoneses, mas chegando a 45% de rejeição na Turquia. Estes dados foram obtidos em pesquisa realizada por Miller, Scott e Okamoto (2006, *apud* Oliveira e Bizzo, 2011), que avaliaram a opinião pública acerca da aceitação da evolução biológica em um levantamento nacional no Japão em 2001, 9 países europeus em 2002 e 32 países europeus em 2005. Os resultados foram comparados com dados de adultos norte-americanos coletados desde 1985. No total foram inquiridos 31.390 adultos. (Oliveira e Bizzo, 2011, p. 60) Na comparação, Miller, Scott e Okamoto (2006) associaram a diferença entre a menor aceitação da teoria evolutiva pelos norte-americanos em relação a europeus e japoneses ao fato de que as crenças do fundamentalismo norte-americano se diferencia bastante do protestantismo europeu. A interpretação literal da bíblia pelo fundamentalismo americano compreende o livro gênesis como a explicação da criação da vida humana, já os protestantes europeus vêem o mesmo livro como uma metáfora, não havendo conflitos entre a evolução biológica e a sua crença religiosa. (Oliveira e Bizzo, 2011, p. 60)

Quanto à importância do educador estar preparado conceitualmente e didaticamente sobre evolução, Liporini (2014) destaca a afirmação de Meglhioratti (2004):

Sendo o conceito de evolução organizador de outros conteúdos na disciplina Biologia, é evidente a importância do professor de Biologia ter esse conceito bem fundamentado em seu pensamento. O conceito de evolução biológica além de permitir a compreensão de conteúdos específicos, como a constituição celular dos seres vivos com código genético similar, estruturas homólogas e outras, permite um conhecimento complexo contextualizado socialmente, por exemplo, quando são utilizados aspectos históricos da formulação do conceito de evolução biológica, pode se relacionar o conceito de evolução com momentos históricos distintos, com a produção de conhecimento científico na sociedade e com as diferentes formas ideológicas que esse conceito foi utilizado. (MEGLHIORATTI, 2004, p. 79, *apud* LIPORINI, 2014, p. 21)

E em relação ao ano de estudo, Araújo e Vieira (2021) afirmam que a evolução é compartimentalizada em um conteúdo único e separado dos demais nos últimos capítulos de livros do terceiro ano do ensino médio, e que essa tendência também ocorre em cursos superiores, incluindo nos cursos de ciências biológicas. Corroborando, Amaral e Silva (2012) citam que “Embora muitas vezes estejam presentes nos planos de curso, os conteúdos de evolução são abordados em pouco tempo, geralmente estando restritos ao último ano do ensino médio”. Amaral e Silva (2012) referenciam Roberto e Bonotto (2011) ao citar que,

como o tempo para abordar esta ampla área de estudo cheia de conceitos tão importantes é tão restrito, ocorre um corte em diversos tópicos do conteúdo, o restringindo às noções de lamarckismo e darwinismo. E ainda, Amaral e Silva (2012) afirmam que este curto período de tempo para trabalhar a evolução, faz com que se perca uma abordagem histórica do conteúdo, da correlação entre evolução e genética, e também de colocar a evolução como eixo estruturante para a discussão, por exemplo, das fisiologias animal e vegetal comparadas.

Araújo (2020, p. 333) cita Gregory e Ellis (2009), que afirmam ser de extrema importância que os estudantes de cursos da área de ciências biológicas de graduação e pós-graduação estejam alinhados com o que a literatura científica compreende de evolução, pois serão estes mesmos alunos que atuarão futuramente no ensino básico e superior, influenciando as novas gerações de estudantes.

Outro aspecto relevante é que, apesar da importância da compreensão dos conceitos de evolução biológica para uma visão ampla e histórica dos mais diversos conteúdos da biologia, na prática do dia a dia escolar e da vida cotidiana, muitos equívocos são percebidos sobre conceitos e processos evolutivos.

Como evidenciado por Araújo e Paesi (2021), vários estudos sobre o ensino de ciências tem explorado e categorizado concepções que se distanciam das ideias evolutivas, sendo que, segundo os autores, “Essas concepções ditas “equivocadas” - por divergirem das aceitas pela comunidade científica, sendo persistentes entre estudantes de diferentes níveis de formação -, podem aparecer em diversos momentos da prática docente quando o assunto é evolução biológica.”

Quanto a incorreções conceituais, Tidon e Lewontin (2004) destacam a afirmação de Futuyma (1988):

(...) a história da evolução tem sido interpretada como um grande progresso ascendente através dos animais "superiores" em direção ao surgimento da humanidade para muitos daqueles que aceitaram a evolução. Isso inclui o próprio Darwin em momentos desprotegidos, e até mesmo alguns biólogos evolucionistas que tomaram algumas das qualidades que mais prezamos em nós mesmos, como intelecto ou empatia, como critérios de progresso, e ignorando completamente as inúmeras linhagens que não evoluíram de forma alguma nessas direções. (Futuyma, 1988, p. 699 *apud* Tidon e Lewontin, 2004 p. 127)

Amaral e Silva (2012) identificaram que estudantes do ensino médio costumam pensar que modificações no organismo aparecem em resposta a alguma necessidade e que esses mesmos estudantes possuem dificuldade de imaginar a diversidade biológica como algo aleatório e ao acaso. Quanto a esta visão dos organismos perfeitamente adaptados ao seu

meio, Amaral e Silva (2012) citam Roberto e Bonotto (2011), que afirmam como sendo comum que estudantes da educação básica possuam a visão da evolução como aperfeiçoamento, desenvolvimento, melhoramento, além da visão do processo evolutivo como sendo restrito ao organismo e não em nível populacional.

Assim, pelo fato de o entendimento da evolução ser tão crucial para o aprendizado significativo das ciências biológicas, este tema deve estar frequentemente presente na formação de professores de biologia e ciências, e também nas salas de aula da educação básica. Porém, quando se fala do ensino deste tema nas escolas, não é tão óbvia a importância da centralidade de conceitos biológicos através do viés evolutivo, como destacam Araújo e Vieira (2021), que sugerem que a evolução deva ser estudada junto a conteúdos como, por exemplo, citologia e genética.

E, devido ao fato de que a religião é muitas vezes antagonizada aos conhecimentos sobre a evolução biológica (Oliveira e Bizzo, 2011), em alguns casos associada a tentativas e impedimento do ensino de evolução nas escolas (vários episódios especialmente nos Estados Unidos) e também a disseminação de equívocos conceituais sobre a evolução como processo natural, este tema está abordado em item em separado, e a seguir, na introdução deste trabalho.

1.1 Ensino de evolução e religião

O Brasil, com caráter de Estado laico (onde há a separação entre Igreja e Estado), possui uma população majoritariamente religiosa nas mais diversas crenças, como aponta o censo de 2010: 64,6% de católicos, 22,2% evangélicos, 2% espíritas, 0,3 % de candomblecistas, 2,7 % outras religiões, 8 % sem religião e 0,1 % não declarou. (IBGE, 2010)

Segundo Amaral e Silva (2012), a escola é um espaço complexo, plural e democrático com grande fluxo de pessoas, que são frutos de sua composição genética e de uma construção social a partir do contexto e cultura que estão inseridas, portanto, não sendo os sujeitos do espaço escolar “tábulas rasas”, há também uma interferência no processo de ensino-aprendizado de todos os conteúdos, incluindo evolução resultante de diversas convicções, dentre elas, as religiosas dos professores.

Por sua vez, Araújo e Paesi (2021) afirmam que o conhecimento evolutivo e a religião não precisam ser incompatíveis. Estes autores evidenciam que alguns grupos religiosos de movimentos criacionistas tentam proibir o estudo da evolução em sala de aula,

porém, estes grupos não representam o todo, e, geralmente, grupos religiosos não compreendem a evolução e a religião como um embate. Araújo e Paesi (2021) relatam que muitos cientistas, inclusive biólogos evolutivos, possuem crenças religiosas sem que isso interfira no seu trabalho, inclusive Darwin não via a aceitação da evolução e crença religiosa como incompatíveis. Os autores citam que evolução e religião comumente entram em conflito quando grupos religiosos fazem afirmações sobre o mundo natural através da leitura e interpretação literal de textos sagrados. (Araújo e Paesi, 2021 p. 273).

Araújo e Paesi (2021) enfatizam que Theodosius Dobzhansky, que publicou o ensaio “Nada na Biologia faz sentido exceto à luz da Evolução” (1973), definiu a evolução como unificadora da biologia, conforme já citado, e destacam também nesse mesmo texto que o evolucionista demonstra achar um erro tratar a evolução e a criação como alternativas eliminatórias entre si, como observado em afirmação exposta a seguir:

“Sou criacionista e evolucionista. Evolução é o método de Criação de Deus ou da Natureza. Criação não é um evento que ocorreu em 4004 A.C.; é um processo que começou há cerca de 10 bilhões de anos e ainda está em andamento” (Dobzhansky, 1973, p. 127, *apud* Araújo e Paesi, 2021, p. 272)

Araújo e Paesi (2021) ainda discorrem que “Uma forma de entender como cientistas e religiosos conseguem compatibilizar suas crenças é compreendendo que evolução e religião tratam de coisas diferentes” (p. 272) e que:

A ciência está preocupada com explicações relacionadas com o mundo natural. Uma teoria científica tem bases epistemológicas muito diferentes de uma narrativa mitológica. (...) criacionismo não é uma teoria científica, nem é o caso de ser uma teoria científica menos aceita ou menos corroborada. O criacionismo não tem o estatuto de ciência, não sendo capaz de se colocar como uma alternativa cientificamente aceitável à teoria evolutiva. (Araújo e Paesi, p. 274)

É importante que os educadores não tratem a evolução e as crenças religiosas como antagonistas, pois, desta maneira, podem afastar dos conhecimentos científicos alunos situados em contextos familiares religiosos. (Araújo e Paesi, 2021, p. 273)

E esta abordagem deve ser ampliada à sociedade como um todo.

2 JUSTIFICATIVA

O eixo norteador deste trabalho de conclusão de curso (TCC) decorre da importância do conhecimento sobre evolução biológica e que este tema deva estar presente junto a todos

conteúdos de ciências e biologia e também pelo fato de que estudos apresentam a compartimentalização da evolução em todos os níveis de ensino, somados a perpetuação de equívocos frequentes relativos a conceitos e processos evolutivos.

Assim, a questão principal que fundamentou este TCC foi “Quais são as principais dificuldades e equívocos conceituais relativos à evolução que dificultam a compreensão deste processo natural de forma efetiva?”.

Para tanto, a proposta foi analisar trabalhos que realizaram pesquisas sobre o ensino de evolução e incorreções conceituais frequentes entre docentes e discentes e adicionalmente avaliar os documentos norteadores da educação básica quanto ao ensino de biologia evolutiva. Após essa etapa analítica, foram investigados e tabulados os equívocos frequentes sobre evolução, para embasar a elaboração de material didático sobre biologia evolutiva destinado, especialmente, à educação básica, promovendo a disseminação de informações consistentes e atrativas.

3 OBJETIVOS

De acordo com o exposto na introdução e justificativa, os objetivos deste trabalho foram:

3.1 Objetivo geral

Analisar bibliografias e documentos norteadores da educação básica quanto ao ensino e equívocos conceituais e elaborar material educativo sobre a evolução biológica.

3.2 Objetivos específicos

1. Realizar pesquisa bibliográfica e analisar trabalhos quanto ao ensino e equívocos sobre temas relativos à evolução biológica;
2. Analisar as proposições dos documentos orientadores nacionais da educação básica quanto ao ensino, e possíveis relações com falhas, sobre biologia evolutiva;
3. Determinar temas importantes que auxiliem a dirimir equívocos frequentes sobre a evolução biológica;
4. Elaborar material didático que promova a disseminação de informações consistentes, e com linguagem acessível, sobre evolução biológica.

4 METODOLOGIA

Para a realização dos objetivos propostos as seguintes etapas de metodologia foram estipuladas:

4.1 Levantamento bibliográfico e seleção de trabalhos sobre ensino e equívocos relativos à evolução biológica

Realização de pesquisa bibliográfica utilizando a combinação dos termos “ensino” “evolução biológica” e “equívocos” nas plataformas “*Scielo*”, “Google Acadêmico” e Portal de Periódicos da CAPES, nos idiomas português e inglês.

Na plataforma “Google Acadêmico”, ao buscar as palavras “ensino”, “evolução biológica” e “equívocos”, excluindo as palavras “livro didático”, “erro”, “rural” e “corpo”, foram encontrados sessenta e quatro textos, totalizando seis páginas de resultados. Porém, apesar dos critérios de exclusão e inclusão, apenas três textos tinham relação com a temática de interesse.

Na plataforma “*Scielo*”, ao buscar a combinação das palavras “ensino”, “evolução biológica” e “equívocos”, foi gerado apenas um resultado, por isso, foi feita outra seleção de palavras para esta plataforma, sendo elas: “evolução biológica”, “erro” ou “compreensão” e “ensino”, o que gerou oito resultados, sendo quatro deles relevantes para a presente pesquisa.

Ao buscar as palavras “ensino”, “evolução biológica” e “equívocos” no portal de Periódicos da CAPES, foram encontrados três resultados. Por isso, foi feita uma adaptação nos termos de pesquisa, buscando os termos “ensino” e “biologia evolutiva”, que resultaram em sessenta resultados, sendo destes, vinte trabalhos relacionados aos objetivos do presente tcc, ou seja, estes trabalhos buscaram compreender as concepções que os estudantes de diversos níveis de graduação possuem sobre evolução biológica.

4.2 Análise de documentos norteadores da educação básica sobre o ensino de biologia evolutiva

Avaliação quantitativa e qualitativa dos documentos Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), utilizando a busca pelos termos “evolução”, “evolutivo(s)” e “evolucionista(s)”, para estimar a importância dada ao ensino e possíveis contribuições com a disseminação de equívocos sobre biologia evolutiva.

4.3 Determinação de temas importantes que auxiliem a dirimir equívocos frequentes sobre evolução biológica

Determinação de temas importantes a serem abordados sobre evolução biológica, a partir da análise das bibliografias selecionadas e documentos norteadores da educação básica no Brasil, para elaboração de material didático.

4.4 Elaboração de material didático que promova a disseminação de informações consistentes sobre evolução biológica

Desenvolvimento de material didático relacionado aos temas sobre evolução biológica escolhidos, tendo como público-alvo estudantes e professores especialmente da educação básica, visando a promoção da disseminação de informações consistentes, com linguagem acessível, sobre evolução biológica.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Pesquisa bibliográfica com a combinação dos termos “ensino” “evolução biológica” e “equívocos”

O trabalho iniciou com a realização de pesquisa bibliográfica com a combinação dos termos “ensino” “evolução biológica” e “equívocos” nas plataformas “*Scielo*”, “*Google Acadêmico*” e o Portal de Periódicos da CAPES, nos idiomas português e inglês. O período de publicação não foi estipulado, visto que foi observado que os estudos referentes a este tema em específico foram publicados com lacuna de tempo e que trabalhos mais antigos seguem com informações significativas nos dias atuais.

Na pesquisa, uma série de trabalhos foram encontrados e, após a leitura dos resumos, foram selecionados 5 materiais diversos, sendo eles, artigos, monografias e capítulos de livros, como norteadores para a identificação das principais dificuldades no ensino e incorreções frequentes relativas a temas sobre evolução. Após a leitura destes trabalhos, esta seleção foi confirmada, por estas bibliografias conterem muitas informações para o desenvolvimento do presente trabalho. Além disso, por terem abordagens diferentes, os 5 trabalhos se complementam, com pesquisas por aplicação de questionários a professores e estudantes de diferentes níveis de ensino (educação básica, graduação e pós-graduação) e em diferentes locais (Brasil regiões centro-oeste, sudeste e sul e estado dos Estados Unidos) e

abordando reflexões importantes sobre o ensino e equívocos conceituais frequentes sobre evolução.

Como a análise deste 5 trabalhos foi bastante minuciosa, esta etapa foi incluída como resultados deste TCC. No quadro 1 (abaixo) estão listados estes trabalhos selecionados na pesquisa bibliográfica e analisados quanto ao ensino e incorreções frequentes sobre evolução biológica.

Quadro 1. Trabalhos selecionados em pesquisa bibliográfica com a combinação dos termos “ensino” “evolução biológica” e “equívocos”.

Título	Autores	Ano de publicação	Link de acesso	Tipo de trabalho
1. <i>Teaching evolutionary biology</i>	Rosana Tidon e Richard Charles Lewontin	2004	https://www.scielo.br/j/gmb/a/8pwzKNbBJXHNNV9vF8rzrdb/	Artigo científico
2. Concepção dos alunos do ensino médio sobre a evolução biológica	Thalita Quatrocchio Liporini	2014	https://riut.utfrpr.edu.br/jspui/bitstream/1/21770/2/M_D_ENSCIE_IV_2014_94.pdf	Monografia
3. <i>A Study Identifying Biological Evolution-Related Misconceptions Held by Prebiology High School Students</i>	Tony B. Yates e Edmund A. Marek	2015	https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=56705	Artigo científico
4. Concepções equivocadas sobre evolução biológica: um estudo comparativo entre graduandos em ciências biológicas e pós-graduandos	Leonardo Augusto Luvison Araújo	2020	https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/1837/pdf	Artigo científico
5. Parece simples	Leonardo	2021	https://www.resea	Capítulo de livro

mas não é: equivocos comuns sobre evolução	Augusto Luvison Araújo e Ronaldo Antônio Paesi		<i>rchgate.net/publication/348435901_Ensino_de_Biologia_uma_perspectiva_evolutiva_Volume_I_Interdisciplinaridade_Evoluca</i>	
---	--	--	--	--

5.1.1 Avaliação dos trabalhos selecionados na pesquisa bibliográfica

Na leitura e análise destes trabalhos, muitos aspectos quanto ao estudo e concepções equivocadas referentes à biologia evolutiva foram destacados e estão descritos a seguir. Nesta análise, artigos complementares foram citados como discussão sobre estes resultados.

O artigo "Teaching evolutionary biology", de Tidon e Lewontin (2004), descreveram uma pesquisa feita por Tidon, em 1997, que investigou alguns aspectos do ensino de biologia evolutiva na cidade de Brasília. Na pesquisa, 110 questionários foram distribuídos a docentes de ensino médio no Distrito Federal, com a devolução de 71 à pesquisadora. Na caracterização dos professores, 74% dos participantes do estudo tinham menos de 40 anos e, com relação à experiência na profissão, 58% tinham menos de 10 anos de atuação em sala de aula. Todos os professores possuíam curso superior e 82% deles tiveram a disciplina de biologia evolutiva na formação. Nas respostas, os docentes relataram que os conteúdos de biologia evolutiva normalmente são abordados em poucas aulas, no último ano do ensino médio.

Uma das perguntas do questionário (Tidon, 1997) solicitava que os professores avaliassem o grau de dificuldade de ensinar determinados conteúdos sobre biologia evolutiva, conforme apresentado na figura 1 abaixo. Como resultado, os conteúdos considerados mais difíceis de ensinar foram o cálculo de frequências alélicas e o equilíbrio de Hardy-Weinberg, temas estes que incluem o uso da matemática. Tidon e Lewontin (2004) destacaram que "dificuldades de compreensão desses assuntos são sempre notadas em cursos de aperfeiçoamento para professores".

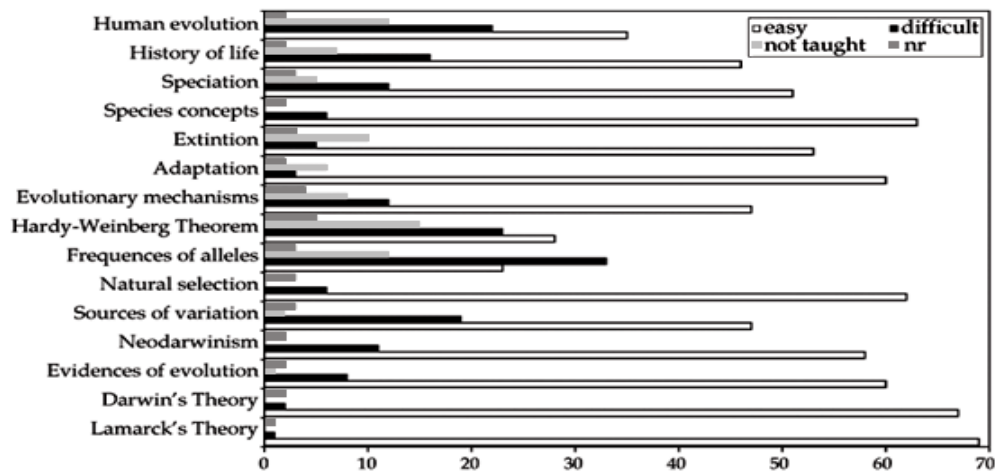


Figure 1 - Evaluation by teachers of the difficulty in teaching various topics in evolutionary biology.

Figura 1. Resultado das respostas à pergunta sobre dificuldades e facilidades no ensino de conteúdos sobre evolução em questionário de Tidon (1997). Fonte: Tidon e Lewontin (2004).

Por outro lado, os dois conteúdos considerados mais fáceis de serem ensinados foram as teorias evolutivas de Lamarck e Darwin, fato este considerado por Tidon e Lewontin (2004) como um resultado inconsistente face às respostas obtidas nas três últimas questões do questionário, sendo elas:

- 1) A evolução biológica produz sempre melhorias?
- 2) A evolução biológica tem alguma direção?
- 3) A evolução biológica ocorre em um indivíduo?

As respostas positivas para estas perguntas foram respectivamente 34%, 48% e 41%, indicando que estes professores podem ter concepções equivocadas, consideradas lamarckistas, sobre a evolução da vida, apesar da maioria considerar fácil diferenciar as teorias de Darwin e Lamarck. (Tidon e Lewontin, 2004)

Tidon e Lewontin (2004) ressaltam ainda que os dados obtidos devem ser analisados com cuidado, pois o Brasil é um país grande e diverso em vários aspectos. Porém, as conclusões que os pesquisadores chegaram com esta pesquisa realizada na região centro-oeste do país, coincidem com os obtidos pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais, e também com as informações obtidas com professores que trabalham em outras regiões do Brasil. (INEP, 1999, *apud* Tidon e Lewontin, 2004)

No trabalho, Tidon e Lewontin (2004) destacaram:

Os conteúdos de biologia evolutiva costumam ser abordados em poucas aulas, ao final do Ensino Médio. Segundo dados obtidos em Brasília, 65% dos professores disponibilizam menos de 10 aulas para o exame do assunto, e geralmente (59% dos professores) essas aulas são ministradas no

último ano do Ensino Médio. Considerando que mais de 200 aulas de biologia são ministradas em três anos do Ensino Médio, a parcela dedicada ao estudo da biologia evolutiva pode ser considerada pouco significativa. Esse panorama contrasta fortemente com os Parâmetros Curriculares Nacionais do MEC (PCN, 2002), que sugerem uma cobertura articulada ao longo do eixo Ecologia-Evolução, tratada historicamente, com o objetivo - entre outros - de compreender a dimensão histórico-filosófica da produção científica e o caráter da verdade científica. Tidon e Lewontin, 2004, p. 125.

Tidon e Lewontin (2004) sugeriram propostas para mudar o cenário em relação a professores da educação básica que não se sentem aptos para lecionar biologia evolutiva nas escolas, sendo uma delas a promoção da formação continuada de professores, por meio do apoio a cursos e oficinas que serão recompensados com o avanço profissional. Segundo os autores, estes cursos teriam dois objetivos fundamentais, o primeiro relativo aos conteúdos em si, onde os professores primeiro identificariam suas concepções prévias, fariam as mudanças conceituais necessárias e posteriormente, a atualização desses conceitos. O segundo, é relacionado com as ferramentas metodológicas para estes profissionais, como materiais didáticos, linguagem e também gestão do tempo para trabalhar os conteúdos em sala de aula. Destaca-se que estas propostas seguem válidas e importantes nos anos atuais.

No segundo trabalho selecionado, a pesquisadora Thalita Q. Liporini, em sua monografia intitulada “Concepção dos alunos do Ensino Médio sobre Evolução Biológica” (2014), investigou as concepções dos alunos sobre evolução através da aplicação e análise de questionários com questões abertas (três) e fechadas (oito), que foram aplicados a 56 alunos do ensino médio de uma escola particular de São Carlos (SP). Todos os alunos do ensino médio desta escola participaram, sendo de 2 turmas de primeira série, 2 turmas de segunda e 1 turma de terceira.

Na pergunta “O que é Evolução para você?” (p. 27) as respostas foram diversas, mas a partir das respostas de alguns alunos, foi possível perceber a visão da evolução como sendo positiva, com melhorias, crescimento, voltada para a espécie humana, mudança de acordo com uma necessidade, sendo também citadas as palavras “transformação”, “adaptação” e “explicação” de forma recorrente. Somente 1 participante mencionou que nem sempre as mudanças evolutivas são favoráveis. Relacionando a observações do trabalho anterior, Tidon e Lewontin (2004, p. 126) citaram que “a visão da evolução como um processo em que as espécies respondem a fatores ambientais, se modificando lentamente com o passar dos anos, gera a concepção de que o ambiente (em vez de processos aleatórios e seleção natural) faz

com que as características mudem, ou seja, que as características adquiridas podem ser herdadas, e que a variabilidade não é importante na evolução.”

Ainda em resposta à pergunta “O que é Evolução para você?” (p. 27) , um estudante afirmou que a evolução é apenas uma teoria. Segundo Oliveira e Bizzo (2011, p. 59), a ideia de que a evolução não é comprovada, pois se trata de uma teoria e não de uma lei, é difundida por alguns grupos religiosos, mas também não religiosos, e essa visão pode desacreditar a evolução, pois a vêem como uma simples hipótese. Tidon e Lewontin (2004) também citam que a visão de que “a evolução é apenas uma teoria” utiliza a palavra teoria de maneira depreciativa, como se fosse “mera especulação”. Mas, por outro lado, Tidon e Lewontin (2004, p. 276) pontuam: “na ciência, a palavra teoria quer dizer algo distinto, se aproximando de um sistema de ideias bem fundamentadas empiricamente que são apresentadas como explicação ou justificativa para um grupo de fatos ou fenômenos.”

Outra questão aplicada por Liporini (2014) perguntava sobre qual das teorias explica a origem da vida, dando três alternativas, sendo elas: Teoria Criacionista, Teoria da Evolução e Teoria do Design Inteligente. De 56 questionários analisados: 5 alunos não responderam a esta pergunta, 3 alunos marcaram duas respostas, sendo elas, respectivamente, “Teoria da Evolução” e “Teoria do Design Inteligente”, 11 alunos acreditam que a Teoria Criacionista explica a origem da vida, 29 alunos acreditam que a Teoria da Evolução a explica e 8 alunos assinalaram a opção “Teoria do Design Inteligente” como sendo a capaz de explicar a origem da vida. Esta questão evidencia a influência em um número significativo de estudantes de preceitos religiosos relacionados a origem e evolução da vida na Terra.

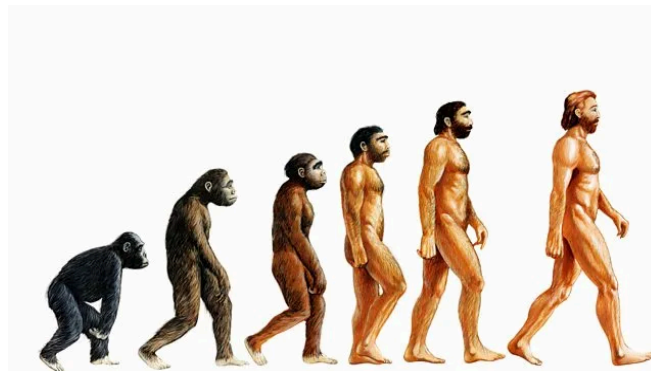
Em pergunta sobre quais teóricos estão intimamente ligados com a evolução (Liporini, 2014, p. 30), as respostas dos alunos foram:

TEÓRICOS	NÚMERO DE RESPOSTAS
a) Lamarck	23
b) Darwin	53
c) Mendel	32
d) Malpighi	3
e) Wallace	3
f) Linneu	6

Figura 2. Quadro de Liporini (2014, p. 30) sobre respostas à questão sobre quais cientistas estão intimamente ligados à evolução.

Como é possível observar, o nome de Darwin está colado à Evolução, e, por outro lado, Wallace, que chegou em conclusões muito parecidas, porém a partir de estudos em regiões geográficas diferentes, quase não possui reconhecimento. (Liporini, 2014, p. 31) Essa questão destaca injustiça frequente relacionada a importante evolucionista, Alfred Russel Wallace, que chegou a conclusões semelhantes e de forma independente a Darwin, sendo considerado co-proponente da teoria de evolução por seleção natural.

Liporini (2014), em uma das perguntas finais, questiona sobre a famosa imagem “marcha do progresso”, como a disponível na figura 3. Na questão, abaixo da imagem, a pesquisadora pergunta: “Você concorda com essa figura? Sim ou não? Por que?” Para contextualizar, a autora descreveu a imagem como uma representação do “macaco como ancestral comum ao homem”.



Fonte: Entenda Mais Ciência, 2020.

Figura 3. Imagem conhecida como “A marcha do progresso”, semelhante à utilizada por Liporini (2014) em sua pesquisa.

Dos 56 alunos que participaram da pesquisa, 37 concordaram, 15 não concordaram e 4 ficaram confusos com a figura e não marcaram nenhuma alternativa. Algumas respostas para esta pergunta foram: “Não, porque não é certeza que um ser humano pode vir de origem animal, cada um tem a sua espécie, nós humanos somos distintos de animais.” “Não, pois não acredito na teoria da evolução, pois pra mim não somos capazes de mudar sozinhos nosso próprio DNA ou corpo.” (Liporini, 2014, p. 37) Algumas outras respostas também ocorreram como, por exemplo, um aluno não concordou com a imagem, pois “não acredita que se o ser humano evoluiu do macaco, pois assim os macacos estariam extintos”. E um estudante concordou com a imagem, pois acredita que por necessidade, o macaco foi se adaptando ao ambiente com o tempo, até formar o homem.

Liporini (2014) referenciou o trabalho de Meglhioratti (2004), que descreveu os mesmos resultados que a pesquisadora obteve, como citado na reflexão a seguir:

A discussão da evolução humana provocou muitas controvérsias e ainda provoca, pois a visão antropocêntrica da sociedade tende a compreender o homem ou como um ser criado por uma origem divina ou como o ápice da evolução biológica. A Teoria Sintética da Evolução, aceita como paradigma da atualidade, adota um modelo que se apoia em uma evolução ramificada, que se dá por processos ao acaso e que não é progressiva. Mesmo assim, as visões de que o ‘homem evoluiu do macaco’, de que o ‘homem é mais evoluído’ e de que o ‘meio determina as características dos organismos’ ainda estão presentes na sociedade (MEGLHIORATTI, 2004, p. 58, *apud* Liporini, 2014, p. 39).

E, por fim, Liporini (2014) citou a falta de preparo dos professores da educação básica no contexto do ensino de evolução contribuindo para a geração de dúvidas e questionamentos por parte dos alunos, ocasionando uma estruturação de conceitos equivocados sobre o tema.

Quanto ao terceiro trabalho analisado, Yates e Marek (2015) realizaram uma pesquisa para identificar as concepções (prévias) equivocadas que estudantes cursando biologia no primeiro ano do ensino médio possuem sobre evolução biológica. Esta pesquisa envolveu 993 alunos, de 42 escolas públicas do estado de Oklahoma, nos anos de 2010 e 2011. É importante ressaltar que Yates e Marek optaram por realizar a coleta de dados, ou seja, aplicar os seus questionários no início do ano letivo, para captar de maneira mais efetiva as concepções prévias dos alunos sobre evolução biológica sem ou com pouca influência dos conteúdos ensinados pelos professores de biologia.

Na pesquisa, Yates e Marek (2015) elaboraram questionário com afirmações a serem respondidas com concordância, discordância ou indecisão/desconhecimento, intencionando identificar equívocos nas ideias sobre evolução biológica em estudantes no início do ensino médio. O questionário foi elaborado a partir de um instrumento criado pelos próprios autores, denominado de *Biological Evolution Literacy Survey (BEL 2011)*. A pesquisa BEL, por sua vez, foi inspirada no trabalho de Cunningham e Wescott (2009), cujo trabalho foi adaptado de Almquist e Cronin (1988), com adições de Wilson (2001) e Bishop e Anderson (1986,1990), como citado por Yates e Marek, 2015.

Devido a várias importantes questões abordadas no trabalho de Yates e Marek (2015), o quadro 2 abaixo foi elaborado pela autora resumizando a pesquisa.

Quadro 2. Afirmações e respostas obtidas na pesquisa de Yates e Marek (2015) visando identificar ideias (prévias) equivocadas sobre evolução biológica em alunos no início do ensino médio. O

questionário foi aplicado para 993 alunos de 42 escolas públicas do estado de Oklahoma, nos anos de 2010 e 2011.

Número	Afirmção	Mito ou verdade	Concordam	Discordam	Indeciso, nunca ouviu falar ou não conseguiu expressar opinião
1	Uma teoria científica que explica um fenômeno natural pode ser classificada como um “melhor palpite” ou “palpite”.	Mito	50%	34%	16%
2	Os métodos científicos usados para determinar a idade dos fósseis e da Terra são confiáveis.	Verdade	73,3%	21,2%	5,5%
3	De acordo com a segunda lei da termodinâmica, formas de vida complexas não podem evoluir de formas de vida mais simples.	Mito	21,4%	35,8%	42,8%
4	A Terra é velha o suficiente para que a evolução tenha ocorrido.	Verdade	56,8%	31,7%	11,5%
5	A evolução não pode ser considerada uma explicação confiável porque a evolução é apenas uma teoria.	Mito	54,8%	34,2%	11%
6	A evolução sempre resulta em melhoria.	Mito	30%	54,1%	15,9%
7	Os membros de uma espécie evoluem devido a uma necessidade interna de evoluir.	Mito	38,4%	40,1%	21,5%
8	Características adquiridas durante a vida de um organismo, como músculos grandes produzidos pela musculação, não serão transmitidas aos descendentes.	Verdade	55,9%	35,7%	8,4%
9	Se os pés palmados forem selecionados, todos os indivíduos da próxima geração terão mais membranas nos pés do que	Mito	40,3%	34,4%	25,3%

	os indivíduos da geração de seus pais.				
10	A evolução não pode fazer com que as características de um organismo mudem durante sua vida.	Verdade	37,1%	43,2%	19,7%
11	Novas características dentro de uma população aparecem aleatoriamente.	Verdade	41,2%	41,6%	17,2%
12	Organismos individuais se adaptam aos seus ambientes.	Mito	80,1%	13,4%	6,5%
13	A evolução é um processo totalmente aleatório.	Mito	25,9%	51,5%	22,6%
14	O ambiente determina quais características são mais adequadas para a sobrevivência.	Verdade	59,8%	27,5%	12,7%
15	A variação entre indivíduos dentro de uma espécie é importante para que a evolução ocorra.	Verdade	40,1%	28,7%	31,2%
16	“A sobrevivência do mais apto” significa basicamente que “apenas os fortes sobrevivem”.	Mito	62,5%	30%*	7,5%*
17	O tamanho da população não tem efeito na evolução de uma espécie.	Mito	30,1%	54,9%	15%
18	Estruturas complexas como o olho podem ter sido formadas pela evolução.	Verdade	36,6%	45%	18,4%
19	Somente características benéficas são transmitidas dos pais para os filhos.	Mito	30,6%	59,2%	10,2%
20	Existe uma grande quantidade de evidências que apoiam a teoria da evolução.	Verdade	36,1%	43,9%	20%
21	De acordo com a teoria da evolução, os humanos evoluíram de macacos, gorilas ou símios.	Mito	48,6%	42,3%	9,1%
22	Evidências científicas indicam que dinossauros e	Mito	33,6%	45%*	20%*

	humanos viveram na mesma época no passado.				
23	A maioria dos cientistas prefere a evolução a outras explicações para a vida.	Verdade	45,5%	32,8%	21,7%

*Alguns valores não foram descritos de forma totalmente clara na pesquisa, então foram estimados de acordo com os dados presentes nos gráficos feitos pelos autores a partir das respostas obtidas.

Nos resultados obtidos por Yates e Marek (2015) dois dos valores mais elevados estão um relacionado a uma verdade e outro a um mito. Quanto à primeira, 73,3% dos estudantes da pesquisa confiam nos métodos científicos que determinam a idade dos fósseis e da Terra. Em afirmação relacionada, 56,8% concordaram que “A Terra é velha o suficiente para que a evolução tenha ocorrido”.

Quanto ao equívoco, 80,1% dos alunos concordaram que “Organismos individuais se adaptam aos seus ambientes”. E outras incorreções que obtiveram porcentagem alta de concordância foram “A sobrevivência do mais apto significa basicamente que apenas os fortes sobrevivem” e “A evolução não pode ser considerada uma explicação confiável porque a evolução é apenas uma teoria”, com respectivamente 62,5% e 54,8% de respostas concordantes.

Yates e Marek (2015) também incluíram no questionário a afirmação “A evolução não pode fazer com que as características de um organismo mudem durante a sua vida”, com 43,2% de discordantes. Ideias lamarckianas dos processos evolutivos também foram percebidas nas respostas à afirmação “Traços adquiridos durante a vida de um organismo - como músculos grandes produzidos pela construção corporal - não serão passados para a prole”, com a concordância de 55,9% dos alunos e discordância de 35,7%.

Outro destaque do trabalho de Yates e Marek (2025) se relaciona a considerações dos estudantes sobre a intencionalidade da evolução. Nas respostas à questão “A evolução sempre resulta em melhoria” 54,1% discordaram e a pergunta “Os membros de uma espécie evoluem devido a uma necessidade interna de evoluir” obteve 40,1% de discordância. Na análise, os autores citam que “Esse resultado mostram uma tendência entre esses alunos de ver os processos evolutivos como determinísticos por natureza, com a melhoria como objetivo.” (Yates e Marek, 2015).

E quanto ao acaso, Yates e Marek (2025) perceberam que metade dos estudantes não acreditavam que novas características dentro de uma população surgem aleatoriamente: 41,2% dos alunos concordaram, 41,6% discordaram e 17,2% foram indecisos ou não

responderam. Por outro lado, na afirmação de que a evolução é um processo totalmente aleatório, 25,9% dos alunos concordaram e 51,5% discordaram.

No quarto trabalho analisado, Araújo (2020), em sua pesquisa intitulada “Concepções equivocadas sobre evolução biológica: um estudo comparativo entre graduandos em ciências biológicas e pós-graduandos”, aplicou questionário para 122 estudantes do ensino superior que participaram de duas edições (2019/1 e 2019/2) do curso de extensão da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) denominado “Curso de Biologia Evolutiva na UFRGS”. O público alvo do curso e da pesquisa, incluiu discentes de diferentes universidades do sul do país, entre públicas e privadas, sendo, respectivamente, 46 graduandos em Ciências Biológicas na fase inicial do curso (autor identificou como alunos do primeiro e segundo ano da graduação), 42 graduandos mais avançados no curso e 34 alunos de pós-graduação.

O questionário de Araújo (2020) continha 15 frases, que os participantes deveriam indicar se concordavam ou discordavam delas, e com que grau o faziam. As respostas foram estruturadas no formato de escala *Likert*, com uma variação de 4 pontos, com as alternativas: “concordo plenamente, concordo parcialmente, discordo parcialmente e discordo plenamente”. As questões buscaram identificar concepções equivocadas dos alunos sobre diversos temas relacionados à evolução biológica, como seleção natural, deriva genética, natureza da ciência, confiabilidade da teoria evolutiva através do registro fóssil, interpretação de filogenias, entre outros.

Na análise deste trabalho, o foco foi a avaliação dos principais resultados relativos aos equívocos sobre os mecanismos evolutivos, visto que os demais não abordaram questões relativas à filogenia e, também, quanto a este item Araújo (2020) não observou, no geral, equívocos expressivos. Com relação aos equívocos sobre os mecanismos evolutivos, os resultados foram expressivos, como pode ser notado nas respostas obtidas quanto as seguintes questões selecionadas do trabalho e a seguir descritas:

- Questão 1 - “*A seleção natural produz organismos perfeitamente adaptados aos seus ambientes*” - O percentual de estudantes do estágio inicial da graduação que concordaram com o equívoco foi um pouco acima de 50% e de estudantes mais avançados na graduação e de pós-graduação em intervalo de concordância maior que 25% e menor que 50%, mas com maior concordância por parte dos pós-graduandos.
- Questão 2 - “*A seleção natural atua nos organismos individuais para adaptá-los ao meio ambiente*” - Os estudantes iniciantes e avançados na graduação geraram resultados muito parecidos, ambos com concordância ligeiramente acima de 50%,

enquanto que para os estudantes de pós-graduação a porcentagem de concordância foi menor, um pouco acima de 25%.

- Questão 3 “*A capacidade de correr rapidamente em guepardos evoluiu porque essa espécie precisava ser capaz de pegar as suas presas*” - Nas respostas foi possível perceber uma redução média de adesão ao equívoco de acordo com o ano do curso que o participante estava, pois os estudantes no início da graduação tiveram uma concordância com o equívoco próxima de 75%, estudantes mais avançados tiveram uma concordância acima de 50% e estudantes da pós-graduação tiveram uma concordância um pouco abaixo de 50%.
- Questão 7 - “*O comportamento dos suricatos de avisar outros indivíduos da aproximação de um predador evoluiu por seleção natural para favorecer a sobrevivência da espécie*”. Esta questão resultou em uma concordância acima de 75% entre todos os grupos participantes.
- Questão 8 - “*Hipóteses científicas tornam-se teorias e, finalmente, com mais evidências, tornam-se fatos bem estabelecidos*” - Houve uma expressiva concordância, com quase 75% nos alunos iniciantes, um pouco acima de 50% nos alunos mais avançados e abaixo de 50% nos pós-graduandos.

O autor evidencia através da sua pesquisa que, embora seja observado a concordância com equívocos, conforme os alunos avançam na graduação e pós-graduação ocorre uma redução na concordância com concepções incorretas sobre evolução. E, ainda, o autor destaca que estudos que investigam especificamente quais são as concepções equivocadas sobre evolução com estudantes de ensino superior são escassos, principalmente com os estudantes de pós-graduação.

O último trabalho analisado se refere ao capítulo “Parece simples, mas não é: Equívocos comuns sobre evolução”, de Araújo e Paesi (2021), do livro “Ensino de Biologia: Uma perspectiva evolutiva: Interdisciplinaridade e Evolução”. No desenvolvimento do trabalho, Araújo e Paesi (2021) abordaram alguns equívocos presentes no *site* “*Understanding Evolution*” da Universidade Berkeley (*University of California*) organizados em 2 grandes grupos. Como destacado pelos autores “Neste capítulo, vamos abordar mais especificamente dois grandes grupos de concepções: equívocos relacionados com evolução, natureza da ciência e religião; e equívocos sobre processos evolutivos, principalmente em relação à seleção natural.” (Araújo e Paesi, 2021, p. 270)

Quanto ao primeiro grupo de equívocos, relacionados com a natureza da ciência e religião, Araújo e Paesi (2021) abordaram várias questões sobre o ensino de evolução e

religião. Os autores destacaram que visões da evolução como “apenas uma teoria” ou “que a evolução é uma teoria em crise” induzem a associação da evolução como sendo um palpite, uma opinião, algo que não conseguiu alcançar o “nível de lei”.

Em relação ao segundo grupo de equívocos, relacionados com os processos evolutivos, Araújo e Paesi (2021) relataram a ideia equivocada de que muitos estudantes acreditam que todas as mudanças ocorrem por seleção natural, gerando organismos plenamente adaptados ao seu meio, e que várias características observáveis nos seres vivos são resultado de adaptações. Entretanto, várias características não evoluíram pelo mecanismo da seleção natural e nem mesmo possuem uma função bem estabelecida. Na avaliação de Araújo e Paesi (2021), os outros mecanismos evolutivos bem conhecidos, como a deriva genética, migração e mutação, não aparecem nos documentos orientadores para o ensino de evolução, o que pode aumentar a associação dos estudantes da evolução exclusivamente por seleção natural.

Araújo e Paesi (2021) destacaram que o pensamento darwinista trouxe a substituição das explicações transformacionais, onde a evolução é lida como as transformações que ocorrem nos indivíduos das espécies, pelas explicações variacionais, onde as mudanças evolutivas são o resultado da mudança das proporções dos componentes das populações e não dos indivíduos. No trabalho, os autores pontuam:

A concepção transformacional não é aceita pelos evolucionistas porque não são os indivíduos que se adaptam através da seleção natural. Em vez disso, a seleção envolve mudanças na proporção de características presentes nas populações ao longo do tempo. Essa modificação na proporção, e não uma alteração dos próprios organismos, gera mudanças em uma característica particular na população. Em resumo, os organismos são alvos da seleção natural, mas não são eles que evoluem, e sim as populações. Araújo e Paesi (2021) p. 281-282

Por fim, Araújo e Paesi (2021) reforçam a importância dos educadores da educação básica saberem como identificar e lidar com essas concepções incorretas, já que muitos estudantes finalizam seus estudos sobre evolução na educação básica.

5.1.2 Sumarização dos trabalhos analisados

Após a análise dos 5 trabalhos, acima descrita, uma compilação quanto às principais falhas conceituais e dificuldades no ensino sobre evolução biológica tratadas nos trabalhos foi realizada. Esta sumarização foi organizada no quadro 3, apresentado a seguir.

Quadro 3. Avaliação quantitativa dos trabalhos selecionados em pesquisa bibliográfica, com a combinação dos termos “ensino” “evolução biológica” e “equivocos”, quanto a citações sobre incorreções conceituais e dificuldades no ensino de evolução.

TRABALHO	EVOLUÇÃO BIOLÓGICA	
	FALHAS CONCEITUAIS	DIFICULDADES NO ENSINO
Tidon e Lewontin (2004)	O trabalho focou nas dificuldades em ensinar evolução e não em falhas conceituais.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Falta de preparo dos professores. 2. Falta de materiais didáticos adequados. 3. Falta de tempo para esse conteúdo nos currículos. 4. Conteúdos considerados os mais difíceis de ensinar: cálculo de frequências alélicas e equilíbrio de Hardy-Weinberg.
Liporini (2014)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Teoria criacionista como explicação para a origem da vida. 2. Desconhecimento do naturalista Alfred Russel Wallace. 3. Evolução vista como melhoramento, progresso. 4. Visões lamarckistas sobre processos evolutivos. 5. O ser humano evoluiu diretamente do macaco. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ausência de contextualização no ensino de evolução. 2. Falta de preparo dos professores.
Yates e Marek (2015)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evolução é apenas uma teoria. 2. Evolução vista como melhoramento, progresso. 3. Formas de vida complexas não podem evoluir de formas de vida mais simples. 4. Apenas os fortes sobrevivem. 5. Evolução ocorrendo em indivíduos, não em populações. 	O trabalho visou a investigação de concepções prévias equivocadas de alunos do ensino médio sobre evolução biológica.
Araújo (2020)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evolução devido a uma necessidade. 2. Seleção natural atuando nos organismos individuais. 3. Seleção natural produz organismos perfeitamente adaptados aos seus ambientes. 	O trabalho visou a avaliação de concepções equivocadas de alunos de graduação e pós-graduação sobre evolução biológica.
Araújo e Paesi (2021)	<ol style="list-style-type: none"> 1. A ação da seleção natural produz organismos perfeitamente adaptados ao ambiente. 2. A inexistência de registros fósseis para as formas intermediárias pode refutar a teoria evolutiva. 	Embates entre ciência e religião.

	<ol style="list-style-type: none"> 3. Evolução é apenas uma teoria. 4. Os organismos individuais evoluem. 5. A seleção natural dá aos organismos e às espécies o que elas precisam. 6. Toda a mudança evolutiva é causada por seleção natural. 7. Evolução implica em progresso ou aperfeiçoamento dos seres vivos. 	
--	--	--

Como apresentado na análise destes trabalhos, várias concepções equivocadas sobre conceitos e processos evolutivos são recorrentes, como apresentado nos estudos mais antigos e recentes. E estas visões equivocadas são observadas em estudantes de diferentes níveis de ensino e mesmo por docentes.

5.2 Análise de documentos norteadores da educação básica quanto ao ensino de evolução

A etapa seguinte do trabalho correspondeu à análise de dois documentos orientadores da educação básica, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN - BRASIL, 1998-2000) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC - BRASIL, 2018), quanto ao ensino sobre Biologia Evolutiva. Na análise foi realizada uma pesquisa relativa ao número de citações, e contexto, dos termos “evolução”, “evolucionista” e “evolutivo”.

5.2.1 Análise da BNCC - Ciências da Natureza

O primeiro documento analisado foi a BNCC quanto a Ciências da Natureza, destacando a importância e o impacto que esse documento tem na educação brasileira: “A BNCC, apesar de não ter o mesmo peso de uma lei, é um documento de referência obrigatória para a construção dos currículos regionais e propostas pedagógicas das escolas.” (Larroyd, 2020, p. 31)

Na BNCC para o ensino fundamental, há uma proposta do estudo dos seres vivos, sua caracterização e necessidades, e também a compreensão dos processos evolutivos como os geradores de diversidade das formas de vida. Assim, na BNCC para Ciências da Natureza no ensino fundamental, ao pesquisar o termo “evolução” foram encontrados 18 resultados. Entre estes, foi possível identificar que 12 se referem à evolução biológica, porém, 10 são apenas para indicar a unidade temática “Vida e Evolução”. Portanto, dos 18 resultados encontrados, apenas dois deles estão em descrição de estudos sobre evolução.

Um dos resultados, está na seguinte citação de habilidade do 9º ano:

- (EF09CI11) Discutir a **evolução** e a diversidade das espécies com base na atuação da seleção natural sobre as variantes de uma mesma espécie, resultantes de processo reprodutivo.” (p. 351) (*grifo nosso*)

O outro resultado está na parte introdutória de texto referente ao estudo de Ciências, conforme observado a seguir:

Ao estudar Ciências, as pessoas aprendem a respeito de si mesmas, da diversidade e dos processos de **evolução** e manutenção da vida, do mundo material – com os seus recursos naturais, suas transformações e fontes de energia –, do nosso planeta no Sistema Solar e no Universo e da aplicação dos conhecimentos científicos nas várias esferas da vida humana. Essas aprendizagens, entre outras, possibilitam que os alunos compreendam, expliquem e intervenham no mundo em que vivem. (BRASIL, 2018, p. 325) (*grifo nosso*)

Na busca pelo termo “evolucionistas” foram gerados 2 resultados, um apenas para indicar o que seria estudado no 9º ano e o outro presente na seguinte habilidade do 9º ano:

- (EF09CI10) Comparar as ideias **evolucionistas** de Lamarck e Darwin apresentadas em textos científicos e históricos, identificando semelhanças e diferenças entre essas ideias e sua importância para explicar a diversidade biológica. (p. 351) (*grifo nosso*)

A pesquisa pelo termo “evolutivos” gerou 3 resultados, sendo 2 deles referentes à evolução biológica, um deles localizado na descrição da unidade temática “Vida e evolução” e o outro, em uma habilidade do 8º ano, conforme segue:

- Unidade temática “Vida e evolução” que propõe o estudo de questões relacionadas aos seres vivos (incluindo os seres humanos), suas características e necessidades, e a vida como fenômeno natural e social, os elementos essenciais à sua manutenção e à compreensão dos processos **evolutivos** que geram a diversidade de formas de vida no planeta. (p. 326) (*grifo nosso*)
- (EF08CI07) Comparar diferentes processos reprodutivos em plantas e animais em relação aos mecanismos adaptativos e **evolutivos**. (p. 349) (*grifo nosso*)

Na análise realizada foi possível perceber que nos últimos anos do ensino fundamental, especialmente no 9º ano, é que de fato a maior parte dos termos relativos à evolução são citados e que a biologia evolutiva constitui conteúdo de estudo, fato que também foi evidenciado por Escoto e Folmer (2024).

No 9º ano, há propostas mais específicas para o ensino sobre evolução biológica, hereditariedade e diversidade, relações entre ancestrais e descendentes, estudo das ideias evolucionistas de Lamarck e Darwin, processo de seleção natural, como observado nas habilidades (duas últimas citadas anteriormente):

- (EF09CI08) Associar os gametas à transmissão das características hereditárias, estabelecendo relações entre ancestrais e descendentes. (p. 351)
- (EF09CI10) Comparar as ideias evolucionistas de Lamarck e Darwin apresentadas em textos científicos e históricos, identificando semelhanças e diferenças entre essas ideias e sua importância para explicar a diversidade biológica. (p. 351)
- (EF09CI11) Discutir a evolução e a diversidade das espécies com base na atuação da seleção natural sobre as variantes de uma mesma espécie, resultantes de processo reprodutivo. (p. 351)

Na análise das habilidades dos anos iniciais, os termos pesquisados não foram encontrados, embora seja possível realizar abordagens com viés evolutivo no desenvolvimento de habilidades como, por exemplo, de identificação de características e comparação entre espécies de animais as relativas ao 3º ano:

- (EF03CI04) Identificar características sobre o modo de vida (o que comem, como se reproduzem, como se deslocam etc.) dos animais mais comuns no ambiente próximo. (p. 337)
- (EF03CI06) Comparar alguns animais e organizar grupos com base em características externas comuns (presença de penas, pêlos, escamas, bico, garras, antenas, patas etc.). (p. 337)

Na organização dos conteúdos de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no ensino médio, a BNCC se estrutura em três competências específicas: (BRASIL, 2018, p. 553)

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.
2. Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a **evolução** dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis. (*grifo nosso*)
3. Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Na análise, foi observado que nas competências específicas 1 e 3, não há menção ao estudo da evolução biológica. Já na competência específica 2 há uma diversidade de

conteúdos propostos de serem estudados relacionados à evolução, conforme o texto desta competência:

Nessa competência específica, podem ser mobilizados conhecimentos conceituais relacionados a: origem da vida; evolução biológica; registro fóssil; exobiologia; biodiversidade; origem e extinção de espécies; políticas ambientais; biomoléculas; organização celular; órgãos e sistemas; organismos; populações; ecossistemas; teias alimentares; respiração celular; fotossíntese; neurociência; reprodução e hereditariedade; genética mendeliana; processos epidemiológicos (...). (BRASIL, 2018, p. 556)

Na pesquisa dos termos, “evolucionista(s)” e “evolutivo(s)” não foram encontrados na BNCC/EM-Ciências da Natureza. Por outro lado, o termo “evolução” gerou 12 resultados, sendo 10 relativos à evolução biológica, incluindo o destacado na competência específica 2 (acima). Em alguns casos, o termo apareceu em texto sobre conteúdos que devem ser aprendidos no ensino médio, como na seguinte citação:

O Ensino Médio deve, portanto, promover a compreensão e a apropriação desse modo de “se expressar” próprio das Ciências da Natureza (...) Isso significa, (...) garantir: o uso pertinente da terminologia científica de processos e conceitos (como dissolução, oxidação, polarização, magnetização, adaptação, sustentabilidade, **evolução** e outros) (BRASIL, 2018, p. 551)

Relacionado a competência específica 2, o termo “evolução” está presente em 2 de suas 9 habilidades (BRASIL, 2018, p. 557):

- (EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas e culturas para avaliar distintas explicações sobre o surgimento e a **evolução** da Vida, da Terra e do Universo. (*grifo nosso*)
- (EM13CNT202) Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.
- (EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, nos seres vivos e no corpo humano, interpretando os mecanismos de manutenção da vida com base nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia.
- (EM13CNT204) Elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais.
- (EM13CNT205) Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

- (EM13CNT206) Justificar a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.
- (EM13CNT207) Identificar e analisar vulnerabilidades vinculadas aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando as dimensões física, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.
- (EM13CNT208) Aplicar os princípios da **evolução biológica** para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana. (*grifo nosso*)
- (EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros). - *Nesta última habilidade, apesar de constar o termo evolução, ele não está relacionado com evolução biológica.

Na análise do documento BNCC, orientador do ensino básico no Brasil, além da constatação de que o ensino de evolução é proposto a partir do 8º ano com foco maior no 9º ano e no ensino médio relacionado à competência específica 2, como pontos positivos podem ser destacados a evolução relacionada a conteúdos como origem da vida, hereditariedade, ancestralidade e descendência, biodiversidade, extinção.

Entretanto, temas importantes relativos à evolução não são abordados na BNCC, tais como o evolucionista Wallace, co-proponente da teoria da evolução por seleção natural, e as demais forças evolutivas além da seleção natural: mutação, fluxo gênico (migração) e deriva genética (efeito do acaso). Considera-se que a ausência destas abordagens contribuem com concepções errôneas sobre a evolução biológica, tal como citado por Araújo e Paesi (2021).

5.2.2 Análise do PCNEF - Ciências Naturais e PCNEM - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias

Outro importante documento norteador para a educação básica, anterior a BNCC, é o PCN, que possui uma versão para Ensino Fundamental (PCNEF, BRASIL, 1998) e uma versão para Ensino Médio (PCNEM, BRASIL, 2000). Como destacado por Escoto e Folmer

(2024, p. 3) “Os PCNs foram fundamentais para a organização curricular das escolas em todo Brasil principalmente no início dos anos 2000”.

Ao buscar o termo “evolução” no PCNEF - Ciências Naturais referente aos terceiros (6º e 7º anos atuais) e quartos ciclos (8º e 9º anos atuais), foram encontrados 29 resultados, sendo 13 deles relacionados à evolução biológica e localizados na parte inicial do documento, na descrição dos itens intitulados de “Breve histórico do ensino de Ciências Naturais: fases e tendências dominantes”, “Ciências Naturais e cidadania” e “Ciências Naturais e Tecnologia”, como observado respectivamente a seguir:

- “A **História da Ciência** tem sido útil nessa proposta de ensino, pois o conhecimento das teorias do passado pode ajudar a compreender as concepções dos estudantes do presente, além de também constituir conteúdo relevante do aprendizado. Por exemplo, ao ensinar **evolução** biológica é importante que o professor conheça as ideias de seus estudantes a respeito do assunto, que podem ser interpretadas como de tipo lamarckista.” (BRASIL, 1998, p. 21) (*grifo nosso*)
- “Muitas teorias levam o nome de quem conseguiu fazer essas grandes sínteses, como a teoria da **evolução** de Darwin ou a teoria da relatividade de Einstein; porém, elas são sempre o resultado de acúmulo de pesquisas coletivas e debates entre a comunidade científica, devendo ser, portanto, compreendidas como fruto de produções coletivas. Para fazer jus à história, a teoria da **evolução** dos seres vivos, por exemplo, tem sido mais recentemente referida como teoria de Darwin/Wallace.” (BRASIL, 1998, p. 24) (*grifo nosso*)
- “Inspirado também pela geologia de Lyell, Charles Darwin elaborou uma teoria da **evolução** que possibilitou uma interpretação geral para o fenômeno da diversidade da vida, fundada nos conceitos de adaptação e seleção natural. Sua teoria levava em consideração conhecimentos de Geologia, Botânica, Zoologia, Paleontologia e Embriologia, e muitos dados colhidos em diferentes regiões do mundo.” (BRASIL, 1998, p. 25) (*grifo nosso*)

Na pesquisa do termo “evolucionista(s)” no PCNEF - Ciências Naturais, 1 resultado foi obtido, na sessão do documento destinada ao terceiro ciclo, no eixo temático “Vida e Ambiente”, como exposto a seguir:

- “Em Ciências Naturais, evidentemente, serão destacadas explicações **evolucionistas**. Os alunos devem considerar a existência dos fósseis, seus processos de formação, as formas de vida extintas e outras muito antigas ainda presentes no planeta. O fato de os fósseis serem evidência da evolução é algo compreensível ao aluno de terceiro ciclo, mas elementos das teorias lamarckista e darwinista poderão ser introduzidos apenas no quarto ciclo, quando os alunos terão melhores condições para iniciar este debate.” (BRASIL, 1998, p. 72) (*grifo nosso*)

Ao buscar o termo “evolutivo(s)”, 2 resultados foram encontrados também localizados no eixo temático de “Vida e Ambiente”, na parte introdutória do texto do eixo conforme descrito abaixo:

- Para a apresentação da diversidade da vida, um conceito central neste eixo, privilegiam-se os enfoques ambiental e **evolutivo**, que podem estar contemplados em um único tema de trabalho ou tratados separadamente, buscando-se o aprofundamento dos conhecimentos. Em diferentes abordagens busca-se o sentido da unidade da vida, seu processo de evolução, por adaptação e seleção natural. É importante que os aspectos **evolutivos** sejam contemplados em diferentes momentos no ensino fundamental, mesmo que a abordagem não seja profunda e direta. (BRASIL, 1998, p. 43) (*grifo nosso*)

Nos textos acima, pode se observar a atenção a ideias lamarckistas, a citação de Wallace, a evolução explicando a diversidade da vida, os fósseis evidenciando a evolução, os processos de extinção e a biologia evolutiva associada à geologia, botânica, zoologia, paleontologia e embriologia como enfoques importantes na compreensão da evolução biológica sugeridos no PCNEF - Ciências Naturais.

No PCNEM (ensino médio), na Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, especificamente no item “Conhecimentos de Biologia”, ao pesquisar o termo “evolução”, 6 resultados foram obtidos. As frases que situam o termo estão citadas abaixo:

- “Ao estudar o indivíduo, estar-se-á estudando o grupo ao qual ele pertence e vice-versa; o estudo aprofundado de determinados grupos de seres vivos em particular – anatomia, fisiologia e comportamentos – pode se constituir em projetos educativos, procurando verificar hipóteses sobre a reprodução/**evolução** de peixes, samambaias ou seres humanos.” (BRASIL, 2000, p. 16) (*grifo nosso*)
- “As considerações acima sugerem uma articulação de conteúdos no eixo Ecologia-**Evolução** que deve ser tratado historicamente, mostrando que distintos períodos e escolas de pensamento abrigaram diferentes idéias sobre o surgimento da vida na Terra.” (BRASIL, 2000, p. 16) (*grifo nosso*)
- “Conhecer algumas explicações sobre a diversidade das espécies, seus pressupostos, seus limites, o contexto em que foram formuladas e em que foram substituídas ou complementadas e reformuladas, permite a compreensão da dimensão histórico-filosófica da produção científica e o caráter da verdade científica. Focalizando-se a teoria sintética da **evolução**, é possível identificar a contribuição de diferentes campos do conhecimento para a sua elaboração, como, por exemplo, a Paleontologia, a Embriologia, a Genética e a Bioquímica. São centrais para a compreensão da teoria os conceitos de adaptação e seleção natural como mecanismos da **evolução** e a dimensão temporal, geológica do processo evolutivo.” (BRASIL, 2000, p. 17) (*grifo nosso*)
- “Caracterizar essas funções, relacioná-las entre si na manutenção do ser vivo e relacioná-las com o ambiente em que vivem os diferentes seres vivos, estabelecer vínculos de origem entre os diversos grupos de seres vivos, comparando essas diferentes estruturas, aplicar conhecimentos da teoria da **evolução** na interpretação dessas relações são algumas das habilidades que esses estudos permitem desenvolver.” (BRASIL, 2000, p. 18) (*grifo nosso*)
- “É recomendável que os estudos sobre Embriologia atenham-se à espécie humana, focalizando-se as principais fases embrionárias, os anexos embrionários e a comunicação intercelular no processo de diferenciação. Aqui cabem duas observações: não é

necessário conhecer o desenvolvimento embrionário de todos os grupos de seres vivos para compreender e utilizar a embriologia como evidência da **evolução**; importa compreender como de uma célula – o ovo – se organiza um organismo; não é essencial, portanto, no nível médio de escolaridade, o estudo detalhado do desenvolvimento embrionário dos vários seres vivos.” (BRASIL, 2000, p. 19) (*grifo nosso*)

O termo “evolucionista(s)” não foi encontrado no documento e para “evolutivo(s)” 3 resultados foram encontrados e relacionados com evolução biológica. As frases onde este termo está inserido são as que seguem:

- “Focalizando-se a teoria sintética da evolução, é possível identificar a contribuição de diferentes campos do conhecimento para a sua elaboração, como, por exemplo, a Paleontologia, a Embriologia, a Genética e a Bioquímica. São centrais para a compreensão da teoria os conceitos de adaptação e seleção natural como mecanismos da evolução e a dimensão temporal, geológica do processo **evolutivo**.” (BRASIL, 2000, p. 17) (*grifo nosso*)
- “Para o estudo da diversidade de seres vivos, tradicionalmente da Zoologia e da Botânica, é adequado o enfoque **evolutivo**-ecológico, ou seja, a história geológica da vida.” (BRASIL, 2000, p. 18) (*grifo nosso*)
- “Entre as intenções formativas, garantida essa visão sistêmica, importa que o estudante saiba: relacionar degradação ambiental e agravos à saúde humana, entendendo-a como bem-estar físico, social e psicológico e não como ausência de doença; compreender a vida, do ponto de vista biológico, como fenômeno que se manifesta de formas diversas, mas sempre como sistema organizado e integrado, que interage com o meio físico-químico através de um ciclo de matéria e de um fluxo de energia; compreender a diversificação das espécies como resultado de um processo **evolutivo**, que inclui dimensões temporais e espaciais (...)” (BRASIL, 2000, p. 20) (*grifo nosso*)

O PCNEM - Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias sugere que o estudo da Biologia no ensino médio inicie com o surgimento da vida na Terra, indagando e explicando as interações de fatores que foram necessários na Terra primitiva para que os primeiros sistemas vivos surgissem, “trocando substâncias com o meio, obtendo energia e se reproduzindo”. (adaptado de BRASIL, 2000, p. 16) E, desde o início, estudar as interações que ocorrem entre esses sistemas e o meio, de forma a compreender a dinâmica ambiental.

Sobre o estudo de evolução biológica, o PCNEM - Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias cita o estudo sobre mecanismos evolutivos, como seleção natural e adaptação, alterações no material genético (mutações), surgimento de novas espécies e mesmo sobre a teoria sintética da evolução, associando a outras áreas da Biologia, como Paleontologia, Embriologia, Genética e Bioquímica, para complementar o entendimento da evolução, como destacado no parágrafo a seguir:

Focalizando-se a teoria sintética da evolução, é possível identificar a contribuição de diferentes campos do conhecimento para a sua elaboração, como, por exemplo, a Paleontologia, a Embriologia, a Genética e a Bioquímica. São centrais para a compreensão da teoria os conceitos de adaptação e seleção natural como mecanismos da evolução e a dimensão temporal, geológica do processo evolutivo. Para o aprendizado desses conceitos, bastante complicados, é conveniente criarem-se situações em que os alunos sejam solicitados a relacionar mecanismos de alterações no material genético, seleção natural e adaptação, nas explicações sobre o surgimento das diferentes espécies de seres vivos. (BRASIL, 2000, p.17)

O PCNEM - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias enfatiza a importância do entendimento de que as modificações dos seres vivos ocorreram devido ao acúmulo de alterações genéticas, além disso, “(...) a variabilidade, como consequência de mutações e de combinações diversas de material genético, precisa ser entendida como substrato sobre o qual age a seleção natural (...)”, e também, o entendimento da grande importância da reprodução como possibilitadora da permanência de materiais genéticos na população. (BRASIL, 2000, p. 18) Adicionalmente, no documento é citado que o aprendizado de conceitos da biologia evolutiva auxilia, por exemplo, na compreensão de como ocorre a formação de novas espécies, tal como citado:

A interpretação do processo de formação de novas espécies demanda a aplicação desses conceitos, o que pode ser feito, por exemplo, pelos alunos, se solicitados a construir explicações sobre o que poderia determinar a formação de novas espécies, numa população, em certas condições de isolamento geográfico e reprodutivo. (BRASIL, 2000, p. 18)

Com relação ao estudo e entendimento da ampla diversidade de seres, o PCNEM - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias sugere uma abordagem com foco “evolutivo-ecológico, ou seja, a história geológica da vida.” (BRASIL, 2000, p. 18) Este estudo mais profundo da formação geológica da Terra, da escala de tempo e nas formas de vida que existiram em cada era, elucida equívocos tais como o citado no trabalho de Yates e Marek (2015), onde a afirmação “Evidências científicas indicam que dinossauros e humanos viveram na mesma época no passado” teve concordância de 333 (33,6%) dos 993 estudantes participantes da pesquisa.

O PCNEM - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias também sugere o estudo da embriologia com um viés evolutivo, e recomenda utilizar esta área de estudo como uma evidência da evolução (BRASIL, 2000, p. 18), o que agregaria no ensino da temática, visto que muitos alunos associam as evidências da evolução somente aos fósseis.

Todos esses temas são extremamente importantes de serem compreendidos para além de serem conceitos base para o entendimento de evolução, como também para evitar ideias incorretas sobre a evolução biológica, tais como várias relatadas neste trabalho.

5.2.3 Comparação entre BNCC e PCN

Na comparação entre os documentos BNCC e PCNs, um trabalho importante com este enfoque é o de Escoto e Folmer (2024). Os autores referem que o PCN ter sido publicado no fim do milênio como um documento de referência, de orientação curricular nacional, inicialmente para o ensino fundamental, mas sem caráter obrigatório, e que pode ser discutido em propostas regionais nos diferentes cantos do Brasil. Já a BNCC, lançada duas décadas depois, possui caráter normativo, com o objetivo de transformar os currículos escolares e seus respectivos conteúdos de forma “comuns em todas as instituições de ensino no país”. (Escoto e Folmer, 2024)

Quanto a biologia evolutiva, Escoto e Folmer (2024) avaliam que na BNCC é sugerido que as teorias evolucionistas sejam trabalhadas de forma comparativa, diferentemente do que ocorre no PCN, onde não há esse viés, tal como foi citado no trabalho destes autores:

A comparação das teorias de Lamarck e de Darwin, neste ciclo, pode dar lugar a uma discussão sobre a natureza do fazer científico, considerando-se o papel das hipóteses, das evidências e da interpretação das evidências na constituição de modelos explicativos. O que se pretende não é mostrar a superação de uma teoria em favor de outra, considerada errônea e sem sentido, mas, sim, examinar diferentes lógicas de interpretação que permitiram, em seu próprio tempo, dar novo significado a fatos já conhecidos, neste caso, a diversidade da vida. (PCN, 1998, *apud* ESCOTO e FOLMER, 2024).

Escoto e Folmer (2024, p. 12) também evidenciam que “Na BNCC, a palavra origem não aparece em nenhum momento nas habilidades específicas referentes ao ensino de ciências da natureza nos anos finais do ensino fundamental.” Por outro lado, “origem”, relacionada à origem da vida, aparece na versão do documento para o ensino médio com boas propostas. Considerando a relevância desse tema, destaca-se a importância do contato de estudantes com as teorias sobre a origem da vida desde o ensino fundamental.

E um fator que está diretamente relacionado com a origem e manutenção da vida é a água e, pela análise dessa questão feita por Escoto e Folmer (2024), nenhum dos documentos abordou a água relacionada à evolução com a sua devida importância. Como esses autores

ressaltam, os PCN's evidenciam a importância da água para a manutenção e evolução dos seres vivos, porém, ela não é exposta como sendo essencial e indispensável para o surgimento da vida. Por sua vez, na BNCC, a água é apresentada como um fator necessário para a manutenção da vida, desde os anos iniciais do ensino fundamental. (Escoto e Folmer, 2024)

5.3 Determinação de temas importantes que auxiliem a dirimir equívocos frequentes sobre evolução biológica

As análises realizadas nas bibliografias selecionadas, e documentos norteadores da educação básica no Brasil, embasaram esta etapa do trabalho de determinação de temas importantes que auxiliem a dirimir equívocos frequentes sobre evolução biológica para elaboração de material didático.

Adicionalmente, informações contidas no *site* “Understanding Evolution”, projeto do Museu de Paleontologia da Universidade da Califórnia, foram incluídas neste trabalho. “Understanding Evolution (UE)” é um *site* educacional, que visa auxiliar quem consulta a entender o que é a evolução, como funciona e como influencia sua vida

Este material constitui fonte importante sobre equívocos relacionados à evolução (item “Misconceptions about evolution”), sendo estes organizados em categorias e com explicações didáticas e acessíveis sobre a temática. No estudo das incorreções sobre evolução descritas no UE, o quadro 4 abaixo foi elaborado citando os equívocos selecionados, e suas respectivas categorias.

Quadro 4. Seleção e listagem de equívocos sobre evolução biológica descritos e categorizados no item “Misconceptions about evolution” do *site* “Understanding Evolution” do Museu de Paleontologia da Universidade da Califórnia.

Categorias e descrição do equívoco
1. Teoria e os processos evolucionários
Evolução é uma teoria sobre a origem da vida.
A teoria da evolução implica que a vida evoluiu (e continua a evoluir) aleatoriamente, ou por acaso.
A evolução resulta em progresso; os organismos estão sempre melhorando por meio da evolução.
Organismos individuais podem evoluir durante um único período de vida.
A evolução só ocorre lenta e gradualmente.
Como a evolução é lenta, os humanos não podem influenciá-la.

A deriva genética ocorre apenas em pequenas populações.

Os humanos não estão evoluindo atualmente.

Espécies são entidades naturais distintas, com uma definição clara, que podem ser facilmente reconhecidas por qualquer pessoa.

2. Conceitos errôneos sobre seleção natural e adaptação

A seleção natural envolve organismos tentando se adaptar.

A seleção natural dá aos organismos o que eles precisam.

Os humanos não podem impactar negativamente os ecossistemas, porque as espécies apenas desenvolverão o que precisam para sobreviver.

A seleção natural atua para o bem da espécie.

Os organismos mais aptos em uma população são aqueles que são mais fortes, mais saudáveis, mais rápidos e/ou maiores.

A seleção natural diz respeito à sobrevivência dos indivíduos mais aptos de uma população.

A seleção natural produz organismos perfeitamente adaptados aos seus ambientes.

Todas as características dos organismos são adaptações.

A evolução não é ciência porque não é observável ou testável.

A evolução é "apenas" uma teoria.

A teoria da evolução é inválida porque é incompleta e não pode dar uma explicação total para a biodiversidade que vemos ao nosso redor.

Lacunas no registro fóssil refutam a evolução.

3. Equívocos sobre a aceitação da evolução

A teoria da evolução é falha, mas os cientistas não admitem isso.

A evolução é uma teoria em crise e está entrando em colapso à medida que os cientistas perdem a confiança nela.

A maioria dos biólogos rejeitou o "darwinismo" e não concorda mais com as ideias apresentadas por Darwin e Wallace.

4. Equívocos sobre as implicações da evolução

A evolução leva ao comportamento imoral.

A evolução apoia a ideia de que "a força faz a lei" e racionaliza a opressão de algumas pessoas por outras.

Se os alunos forem ensinados que são animais, eles se comportarão como animais.
5. Conceitos errôneos sobre evolução e religião
Evolução e religião são incompatíveis.
Os professores devem ensinar “ambos os lados” da questão da evolução e deixar os alunos decidirem - ou dar tempo igual à evolução e ao criacionismo.
A evolução em si é religiosa, então exigir que os professores ensinem evolução viola a primeira emenda.

5. Conceitos errôneos sobre evolução e religião

Evolução e religião são incompatíveis.

Os professores devem ensinar “ambos os lados” da questão da evolução e deixar os alunos decidirem - ou dar tempo igual à evolução e ao criacionismo.

A evolução em si é religiosa, então exigir que os professores ensinem evolução viola a primeira emenda.

Desta forma, a partir das análises dos 5 trabalhos selecionados, documentos BNCC e PCNs e material relativo ao quadro acima, 8 temas foram determinados para serem desenvolvidos e constituírem produto educacional (Apêndice A) sobre a evolução biológica.

Os temas estabelecidos foram:

1. Evolução é um processo natural e não uma teoria!
2. Evolução é transformação e não é sinônimo de progresso!
3. A evolução ocorre por mecanismos ou 4 forças evolutivas!
4. A variação genética surge ao acaso e as mudanças evolutivas podem ocorrer ao acaso ou por seleção natural!
5. Lamarck, Darwin e Wallace são importantes evolucionistas!
6. A espécie humana é próxima evolutivamente e compartilha ancestral comum com os macacos!
7. A evolução humana está relacionada com outras espécies do gênero Homo que existiram e com o gênero Australopithecus!
8. A especiação é o processo que origina a biodiversidade!

5.4 Elaborar material didático que promova a disseminação de informações consistentes sobre evolução

A última etapa do trabalho incluiu o desenvolvimento de material didático relacionado aos temas sobre evolução biológica estabelecidos na etapa anterior, tendo como público-alvo estudantes e professores, especialmente da educação básica, principalmente do ensino médio. O objetivo é que esta produção promova a disseminação de informações consistentes, com linguagem acessível, capazes de auxiliar nos estudos sobre evolução.

Este material foi elaborado na plataforma “Canva”. O “Canva”, criado em 2013, é uma plataforma de design *online*, gratuita, de fácil manipulação e que permite a elaboração de materiais de comunicação visual com um ótimo acabamento.

A seguir está apresentado o produto educacional deste TCC, intitulado “Evolução Biológica: Um guia complementar” (Apêndice A).

6 CONCLUSÕES

Nos estudos realizados no desenvolvimento do presente trabalho foi possível perceber que dificuldades quanto ao entendimento e ensino de evolução são frequentes até os dias de hoje. Estas dificuldades se relacionam a uma série de questões como temas considerados complexos, ensino em anos finais do ensino básico e graduação, conteúdos geralmente não associados aos das demais disciplinas das Ciências Biológicas.

Uma questão adicionalmente importante, e observada no cotidiano escolar, é a dificuldade de trabalhar conteúdos sobre evolução quando há um contraponto religioso por parte de professores, alunos e mesmo suas famílias como uma alternativa à evolução. As individualidades sempre devem ser respeitadas, porém, é papel do professor ensinar de acordo com os conhecimentos das Ciências e também ter esclarecido que religião e ciência tratam de coisas diferentes.

Assim, equívocos sobre a evolução biológica são recorrentes e pesquisas que investigam esses enganos são de extrema importância, pois eles analisam quais são e a sua frequência, podendo assim, serem construídas propostas didáticas diferentes que se mostrem mais adequadas para um bom entendimento sobre evolução.

A avaliação dos documentos BNCC e PCNs, norteadores da educação básica, adicionalmente foi significativa para compreender as orientações sobre conteúdos de biologia evolutiva, quanto à tipos de abordagens, abrangência, relações sugeridas e também a ausências e falhas, nestes importantes documentos.

No intuito de contribuir com o ensino de conteúdos importantes sobre a evolução biológica, um produto educacional foi desenvolvido neste trabalho (Apêndice A) com enfoque atrativo, curiosidades, linguagem direta, cores e ilustrações. A temática abordada incluiu entre os temas, a evolução como transformação sem propósito e como um processo natural relacionado a biodiversidade atual e extinta, a importância das 4 forças evolutivas, do

acaso e adaptações, evolução da espécie humana e os 3 principais evolucionistas do século 19.

Considera-se que este material didático muito irá contribuir no entendimento de uma série de conceitos, mecanismos e processos evolutivos e, também, por outro lado, na diminuição dos equívocos relativos à biologia evolutiva.

7. REFERÊNCIAS

AMARAL, J.A. e SILVA, M.E.S. **Fatores que dificultam ou facilitam o Ensino aprendizagem de Evolução Biológica na visão de Professores de Biologia em Mossoró/RN**, IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN tecnologia e inovação para o semiárido, Mossoró/RN, 2012.

ARAÚJO, Leonardo Augusto Luvison. **Concepções equivocadas sobre evolução biológica: um estudo comparativo entre graduandos em ciências biológicas e pós-graduandos**. Investigações em Ensino de Ciências, vol.25, nº2, págs. 332–346, 2020. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/1837>.

ARAÚJO, Leonardo Augusto Luvison. **Síntese moderna da evolução: uma aproximação filosófica ao conceito de “síntese”**. Rev. Helius. vol.3. n.2, págs. 1374-1391, 2020.

ARAÚJO, Leonardo Augusto Luvison & PAESI, Ronaldo Antonio. **Parece simples mas não é: equívocos comuns sobre evolução**. In: VIEIRA, Gilberto Cavalheiro & ARAÚJO, Leonardo Augusto Luvison (org.) Ensino de Biologia: uma perspectiva evolutiva. Volume I: Interdisciplinaridade & Evolução. Porto Alegre: Instituto de Biociências da UFRGS, 2021.

ARAÚJO, Leonardo Augusto Luvison & VIEIRA, Gilberto, C. **A evolução biológica como eixo integrador do ensino de biologia**. Livro.

BERKELEY, University of California. **Understanding Evolution**. Disponível em: <https://evolution.berkeley.edu/teach-evolution/misconceptions-about-evolution/>. Acesso em: 25 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf. Acesso em 04 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília : MEC/SEF, 1998. 174 p.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais de Biologia. Ensino Médio**. Brasília, 1998-2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf> Acesso em 25 ago. 2024.

IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Censo Brasileiro de 2010.

DOBZHANSKY, T. **Nothing in Biology Makes Sense except in the Light of Evolution.** The American Biology Teacher, vol. 35, n.3, págs. 125–129. 1973.

ESCOTO, Dandara Fidélis; FOLMER, Vanderlei. **Evolução biológica no ensino fundamental: uma análise comparativa entre os parâmetros curriculares nacionais e a Base Nacional Comum Curricular.** Contribuciones a Las Ciencias Sociales, São José dos Pinhais, v.17, n.4, p.01-20, 2024.

FUTUYMA, Douglas J. **Evolução, Ciência e Sociedade.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Genética, 2002.

LARROYD, Leticia Medeiros. **A Evolução Biológica nos Documentos Curriculares Nacionais.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2020.

LIPORINI, Thalita Quatrocchio. **Concepções dos alunos do ensino médio sobre a evolução biológica.** Monografia (Especialização em Ensino de Ciências) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.

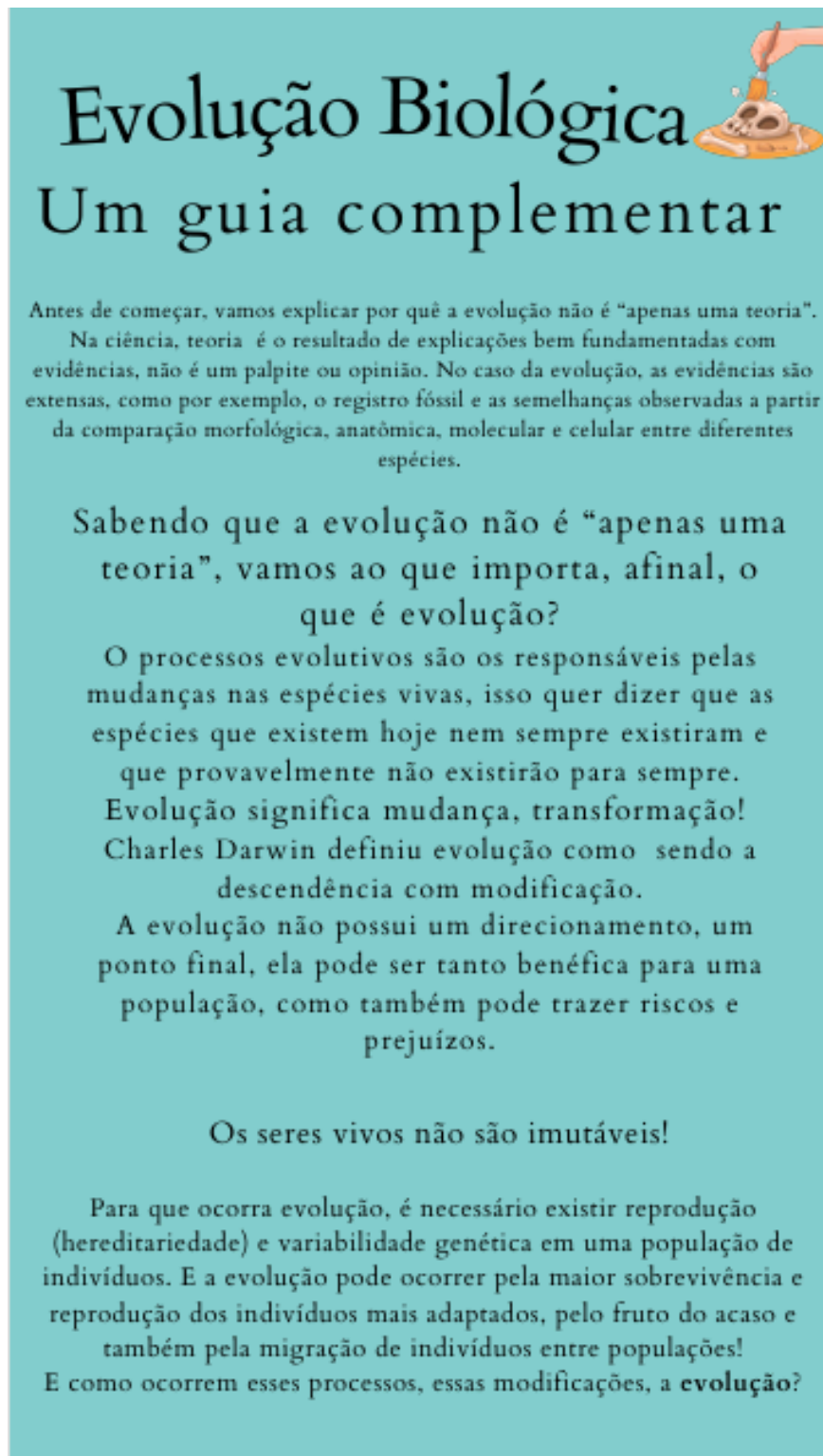
OLIVEIRA, Graciela da Silva; BIZZO, Nelio. **Aceitação da evolução biológica: atitudes de estudantes do ensino médio de duas regiões brasileiras.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, vol.11, nº 1, 2011.


TIDON, Rosana & LEWONTIN, Ricardo C. **Teaching evolutionary biology.** Genetics and Molecular Biology, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gmb/a/8pwzKNbBJXHNNV9vF8rzrdb/#>. Acesso em: 26 jun. 2024.

TIDON, Rosana. **O ensino da evolução biológica: um desafio para o século XXI.** ComCiência, 2009. Disponível em: http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542009000300008&lng=en&nrm=is. Acesso em: 26 jun. 2024.

YATES, Tony B.; MAREK, Edmund A. **A Study Identifying Biological Evolution-Related Misconceptions Held by Prebiology High School Students.** Creative Education, vol. 6, nº 8, 2015.

APÊNDICE A: CARTILHA “EVOLUÇÃO BIOLÓGICA: UM GUIA COMPLEMENTAR”, PRODUZIDA PELA AUTORA

A cartilha tem um fundo verde-água. No topo direito, há uma ilustração de uma mão segurando uma pipeta sobre um crânio humano em uma bandeja. O título principal 'Evolução Biológica' está em uma fonte serifada, com o subtítulo 'Um guia complementar' em uma fonte sans-serif. O texto principal é em uma fonte serifada menor. Há espaçamentos generosos entre os blocos de texto.

Evolução Biológica 

Um guia complementar

Antes de começar, vamos explicar por que a evolução não é “apenas uma teoria”. Na ciência, teoria é o resultado de explicações bem fundamentadas com evidências, não é um palpite ou opinião. No caso da evolução, as evidências são extensas, como por exemplo, o registro fóssil e as semelhanças observadas a partir da comparação morfológica, anatômica, molecular e celular entre diferentes espécies.

Sabendo que a evolução não é “apenas uma teoria”, vamos ao que importa, afinal, o que é evolução?

O processos evolutivos são os responsáveis pelas mudanças nas espécies vivas, isso quer dizer que as espécies que existem hoje nem sempre existiram e que provavelmente não existirão para sempre. Evolução significa mudança, transformação! Charles Darwin definiu evolução como sendo a descendência com modificação.

A evolução não possui um direcionamento, um ponto final, ela pode ser tanto benéfica para uma população, como também pode trazer riscos e prejuízos.

Os seres vivos não são imutáveis!

Para que ocorra evolução, é necessário existir reprodução (hereditariedade) e variabilidade genética em uma população de indivíduos. E a evolução pode ocorrer pela maior sobrevivência e reprodução dos indivíduos mais adaptados, pelo fruto do acaso e também pela migração de indivíduos entre populações! E como ocorrem esses processos, essas modificações, a **evolução**?

A evolução ocorre através de alguns mecanismos, chamados de **mecanismos evolutivos**, ou **forças evolutivas**. Esses mecanismos alteram a composição genética de populações em uma espécie.

Estas forças ou mecanismos evolutivos são: Fluxo Gênico, Mutações, Deriva Genética e Seleção Natural.

Fluxo Gênico (Migração)

O fluxo gênico ou migração é o movimento, o **transporte de genes** de uma população para outra.

O fluxo gênico pode ser uma importante fonte de variação genética nas populações, pois nesta migração, genes que antes não existiam em uma determinada população (ou existiam com menor frequência), podem ser inseridos.



Uma população possui vários organismos da mesma espécie. E mesmo sendo indivíduos da mesma espécie, há diversidade entre eles.

Porém, para que o fluxo gênico ocorra, deve haver sucesso reprodutivo por parte dos indivíduos que migraram, pois sem a reprodução, estes alelos não passarão para futuras gerações neste novo ambiente.

(Importante frisar que estes indivíduos precisam ser da mesma **espécie**, pois somente sendo da mesma espécie, pode haver sucesso reprodutivo.)

Esta migração, é feita por diversos organismos, e pode acontecer tanto com espécies animais, quanto com espécies vegetais.

E pode ocorrer tanto de forma natural (sem interferência humana), como também pode ocorrer devido à interferência humana.

Mutação

A mutação é uma alteração no material genético, ela pode ser neutra (quando não causa efeito algum), benéfica ou prejudicial. Portanto, pode acontecer de uma ou diversas mutações não causarem mudanças no fenótipo (características observáveis) de um organismo, porém, ela também pode ser extremamente grave, causando sérios riscos à vida, ou também, pode trazer benefícios.

A mutação representa *qualquer mudança* no DNA (ou RNA em alguns tipos de vírus) de um ser vivo, mas somente as mutações que ocorrem nas **células reprodutivas** poderão ser passadas para as próximas gerações.

Normalmente, é necessário um acúmulo de mutações para que ocorra uma mudança evolutiva, porém, pode acontecer de apenas uma mutação surgir efeito.





Deriva Genética



A deriva genética envolve a mudança na composição genética de uma população devido a um **evento aleatório** (diferentemente do que ocorre na seleção natural).

É este evento que pode alterar significativamente as frequências alélicas em uma população, pois alguns indivíduos deixam mais descendentes que outros.



Para compreender este mecanismo evolutivo, imagine que você e um amigo estão andando de bicicleta pela rua, e, sem querer, vocês passam em cima das formigas de cor branca (que tinha uma população de 14 indivíduos), sobrando em maior quantidade formigas da cor preta (também com 14 indivíduos).

Com o passar do tempo, a quantidade de descendentes das formigas pretas será muito maior que a de formigas brancas. Com este mecanismo, os indivíduos que sobreviveram não são mais aptos ou mais adaptados, eles apenas tiveram mais sorte.

Este mecanismo é mais significativo em pequenas populações, apesar de também ocorrer em grandes populações.

Dois eventos são muito conhecidos ao falar de deriva genética: o efeito gargalo de garrafa, e o fundador.

No efeito gargalo, um evento como por exemplo um terremoto ou um incêndio, reduz drasticamente a quantidade de indivíduos de uma população, que pode alterar a variedade genética que ali havia. Na população inicial, representada pelas bolinhas da garrafa, é reduzida apenas as bolinhas que sobreviveram, representadas pelas bolinhas do copo. Os indivíduos que sobreviveram, podem, ao acaso, não mais representar a diversidade que havia na população inicial, apenas uma parte dela. Note que os indivíduos que sobreviveram foram frutos do acaso. Assim, esse evento aleatório pode determinar variação na composição genética de populações, ou seja, mudança, transformação, **EVOLUÇÃO!**



Sendo o seu impacto grande ou pequeno, a deriva genética ocorre o tempo todo, em todas as populações.

No efeito fundador, alguns poucos organismos de uma determinada população ocupam uma nova área, criando uma colônia. Estes poucos indivíduos normalmente não representam a totalidade de diversidade que havia na população original.



“A esta preservação das diferenças e variações individuais favoráveis, e a destruição das prejudiciais eu chamei de Seleção Natural ou Sobrevivência do mais apto.” -Charles Darwin, 1875.

Seleção Natural

Este mecanismo é o que resulta em adaptação.

A seleção natural é o processo no qual indivíduos com certas características herdadas tendem a sobreviver e se reproduzir mais do que outros indivíduos devido a essas características.

Para que a seleção natural ocorra, alguns requisitos são exigidos:

- 1- Deve haver variação entre os organismos, pois pense, se todos os organismos forem iguais, o que estará sendo selecionado?
- 2- É necessário ter pressão ambiental, ou seja, as características do ambiente precisam interferir, causar algum tipo de pressão sobre esses indivíduos.
- 3- Reprodução diferencial (os organismos mais adaptados a uma região se reproduzem com maior frequência que os outros. Características desvantajosas podem levar indivíduos à morte antes mesmo de sua reprodução).
- 4- A característica deve ser herdável, deve ter a possibilidade de ser transmitida para as próximas gerações.

Se houver estes fatores, haverá evolução ocorrendo por seleção natural.

Essa adaptação que agora é benéfica, daqui um tempo pode não ser mais, pois o ambiente é dinâmico e as suas características mudam com o passar do tempo.

Mas... quem seleciona o quê?

Você já deve ter ouvido falar que o ambiente seleciona os seres mais aptos. Mas o que isso quer dizer?

Isso quer dizer que os organismos mais adaptados, ou seja, que possuem características mais vantajosas em um determinado ambiente, possuem mais chances de sobrevivência e conseqüentemente, de deixar mais descendentes, com relação aqueles indivíduos que não possuem tais características mais favoráveis. Ser mais adaptado não possui relação com ser mais forte ou mais bonito. E também, um indivíduo não vai evoluir por vontade própria, por necessidade ou por um desejo, até porquê, quem evolui são as populações, e não o indivíduo.

Seleção Natural

Este mecanismo é o que resulta em adaptação.



Se os indivíduos possuem características que estão selecionadas pela seleção natural, isso quer dizer que eles são perfeitamente adaptados ao seu ambiente? Não.

Talvez a seleção natural seja o mecanismo evolutivo mais conhecido, mas também, é um dos que mais gera confusão no seu entendimento. Muito se fala nas bactérias resistentes a antibióticos, e isso quer dizer que as bactérias desenvolveram um super poder de lutar contra os antibióticos, ou, que algumas bactérias, devido a mutações no seu material genético são mais resistentes que outras e por isso conseguiram se reproduzir e ter mais descendentes? No primeiro caso, das bactérias adquirindo resistência ao entrar em contato com os antibióticos, está de acordo com a visão de Lamarck, do uso e desuso, que com os conhecimentos atuais, sabemos que a evolução não ocorre dessa forma, mas sim como no segundo caso, onde as bactérias que já eram resistentes a determinados antibióticos por mutações no seu material genético sobreviveram e conseguiram se reproduzir, diferentemente daquelas que não possuíam estas mutações. Mutações estas benéficas para as bactérias e malélicas para quem está tentando combater uma infecção bacteriana.

Você lembra que as populações que em um momento possuem uma vantagem adaptativa, daqui um tempo, pode ser justamente o contrário? Veja o caso das Mariposas com a Revolução Industrial.

Mariposas da espécie *Biston betularia*, que são comuns no hemisfério norte, eram mais abundantes na cor branca, pois quando pousavam em árvores, ficavam bem camufladas, ficando em maior evidência as mariposas de cor preta. As mariposas de cor preta ficavam mais evidentes para os predadores, então viviam menos. Porém, após a revolução industrial, os troncos das árvores ficaram escuros, pois estavam cobertos de fuligem resultante da queima de carvão. a partir deste momento, as mariposas de cor preta passaram a ter vantagem, pois ficavam mais camufladas, e quem ficou mais visível para os predadores foram as mariposas brancas.



Antes da Revolução Industrial

Depois da Revolução Industrial



Assim, o mecanismo de seleção natural age preservando aqueles roedores que são mais adaptadas nessa população e nesse ambiente.

Imagine agora uma população de roedores em um ambiente que neva o ano todo.

Os roedores possuem diversos predadores, entre eles, as águias, que no meio da nevasca, conseguem avistar apenas os roedores de pêlo preto, passando os roedores de pêlo branco despercebidos, e sobrevivendo a este predador.

Para esta característica, os roedores de pêlo branco possuem uma vantagem em relação aos de pêlo preto, então mais indivíduos com esta característica sobreviverão e deixarão mais descendentes.

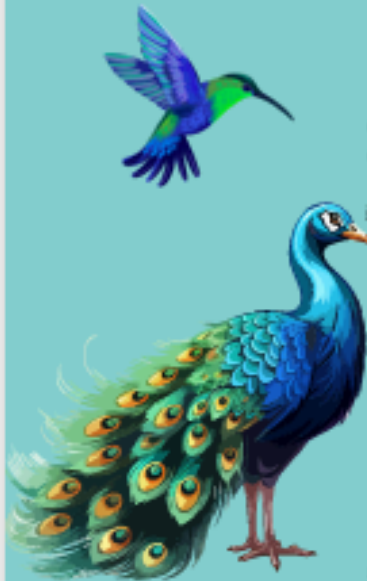
Os tentilhões de Darwin e a Seleção Natural

Na sua viagem a bordo do H.M.S Beagle, em meados de 1835, Darwin chegou no Arquipélago de Galápagos, localizado no Oceano Pacífico e que faz parte do território do Equador. Lá, Darwin coletou algumas espécimes de tentilhões, e percebeu que estes possuíam bicos bem diferentes de acordo com a ilha em que estavam, e que possivelmente isto se devia aos alimentos que tinham disponíveis.

Ele percebeu que os bicos das aves eram adaptados aos tipos de alimentos que ali haviam disponíveis. Os tentilhões com bicos adaptados que Darwin encontrou, foram fundamentais para ele pensar nos mecanismos que levam a seleção natural.



Seleção Sexual



A seleção sexual é um mecanismo evolutivo que foi proposto por Darwin, e ele explica como algumas características nos indivíduos podem evoluir por aumentar o sucesso reprodutivo. A seleção sexual, diferentemente da seleção natural, está associada com a vantagem que certos indivíduos apresentam sobre os outros do mesmo sexo e da mesma espécie, somente naquilo que é relacionado à reprodução. Neste caso, em vez da sobrevivência, o fator crucial é a reprodução.

A seleção sexual pode ser **intrassexual** quando está relacionada à luta entre indivíduos do mesmo sexo (em geral machos) pela posse do sexo oposto. Neste tipo de seleção, ocorre a competição entre indivíduos do mesmo sexo, geralmente machos, pelo acesso a parceiros. E a seleção sexual também pode ser **intersexual**, quando há a escolha de parceiros por um dos sexos (normalmente quem escolhe é a fêmea). E algumas características podem aumentar a chance de um indivíduo ser escolhido ao invés de outro, como o rabo colorido e exuberante de um pavão, ou um canto mais chamativo e elaborado de um pássaro, estas características podem atrair mais fêmeas e permitir que os escolhidos deixem mais descendentes.

Evolucionistas que fizeram história

Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1825) foi um biólogo francês pioneiro em tentar explicar como a vida muda ao longo do tempo. Lamarck também propôs que os organismos estão adaptados aos seus ambientes.

O biólogo publicou sua hipótese em 1809, ano em que Darwin nasceu. Para explicar sua tese, ele utilizou dois princípios: do uso e desuso e o da herança de características adquiridas.

A ideia do uso e desuso, dita que as partes do corpo que são mais utilizadas se tornam mais fortes e desenvolvidas, já aquelas que não são usadas, acabariam se atrofiando.

Já a ideia da herança de características adquiridas defendia que características que foram desenvolvidas ao longo da vida por serem úteis (como a hipertrofia de um determinado músculo), seriam passadas de um organismo para sua prole.

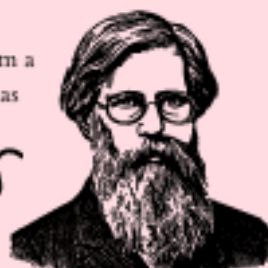
Para explicar suas hipóteses, ele utilizou a girafa como um exemplo. Ele explicou que o longo pescoço da girafa evoluiu ao longo de gerações, conforme suas animais precisavam esticar cada vez mais os seus pescoços.

Porém, com os conhecimentos atuais da genética moderna, sabemos que as características adquiridas durante a vida de um organismo não podem ser transmitidas para suas descendentes.

As ideias de Lamarck possuem também um viés teleológico, ou seja, para ele, a evolução tinha um direcionamento, um sentido a ser seguido, e esse paradigma caiu por terra com Darwin e Wallace.



Darwin e Wallace chegaram a conclusões muito próximas



Charles Robert Darwin (1809-1882) foi um naturalista inglês, que desde a infância demonstrava grande interesse pela natureza e pelos animais.

Foi na famosa viagem no barco HMS Beagle, que iniciou em 1831 que Darwin pôde explorar ainda mais seu interesse em estudar a natureza e os seres vivos. Ao observar diferentes organismos, Darwin percebeu que eles eram adaptados a vários ambientes.

Ao encontrar fósseis, ele percebeu que apesar de serem diferentes das espécies atuais, se assemelhavam aos organismos vivos daquela região.

Devido a observações geológicas, seus achados fósseis, e embasado por outros estudiosos, Darwin não acreditava na ideia dominante da época de que a Terra tinha apenas alguns milhares de anos. Quando Darwin retornou da sua viagem, ele concluiu que havia uma evolução dos seres vivos que ocorria de forma lenta e gradual, a partir do acúmulo de pequenas modificações sobre as quais atua a seleção natural.

Wallace motivou Darwin a publicar *A Origem das Espécies*.

Um ano antes de Darwin o publicar, Wallace o enviou um artigo sobre o princípio de sobrevivência do mais apto.

Darwin percebeu que ele e Wallace possuíam ideias muito parecidas, então Darwin uniu as ideias dos dois e a apresentou em conjunto com Wallace em uma reunião de naturalistas da Sociedade Linneia de Londres, em 1858.

Em 1859, Darwin publica *A Origem das Espécies*, e neste momento, vale ressaltar que ele não sabia do conceito de genes.

Alfred Russel Wallace (1823-1913) foi um naturalista galês que propôs que todas as espécies vivas descendem de um único ancestral comum.

Wallace, diferentemente de Darwin, não veio de família abastada, portanto aos 15 anos teve que abandonar os estudos para trabalhar e ajudar financeiramente em casa, portanto, Wallace foi mais autodidata nos seus estudos.

Wallace assim como Darwin, fez uma expedição de 1848 e durou até 1852, porém Wallace permaneceu esse tempo aqui no Brasil, com o interesse de resolver o "problema" da origem das espécies. Ele precisou deixar o país e retornar para a Inglaterra em 1852, por problemas de saúde. Quando ele estava no navio voltando para a Inglaterra, houve um incêndio e grande parte do seu trabalho foi perdido, porém algumas anotações foram salvas.

Apesar de Wallace e Darwin terem tido ideias muito próximas, Wallace não utilizou a expressão "seleção natural", mas outras palavras com o mesmo significado.

Wallace também escreveu uma obra importante, ele a publicou após a morte de Darwin, e o nome do seu livro é *Darwinismo*, com o objetivo de mostrar a sua visão sobre a teoria da evolução.

Tanto Darwin quanto Wallace fizeram referência à luta pela sobrevivência existente na natureza, onde o indivíduo mais apto sobrevive e se reproduz, já o menos apto, tem menos chance de sobreviver e se reproduzir, portanto, menor probabilidade de transmitir as suas características menos favoráveis às próximas gerações. Os dois foram tão importantes, e chegaram a conclusões tão próximas, que diversos pesquisadores da área consideram que ambos chegaram independentemente à ideia de seleção natural.

Um forte ponto de divergência entre Darwin e Wallace, é que Wallace não concordava com a explicação de Darwin para as diferenças referentes à ornamentação, estrutura e cor existentes entre machos e fêmeas serem devidas quase que unicamente à seleção sexual, por conferirem ao macho superioridade em relação à beleza, defesa, etc. e serem transmitidas somente à descendência masculina. Para ele as diferenças sexuais não podiam ser explicadas a partir da hipótese da ação direta da escolha ou preferência da fêmea.

NO!

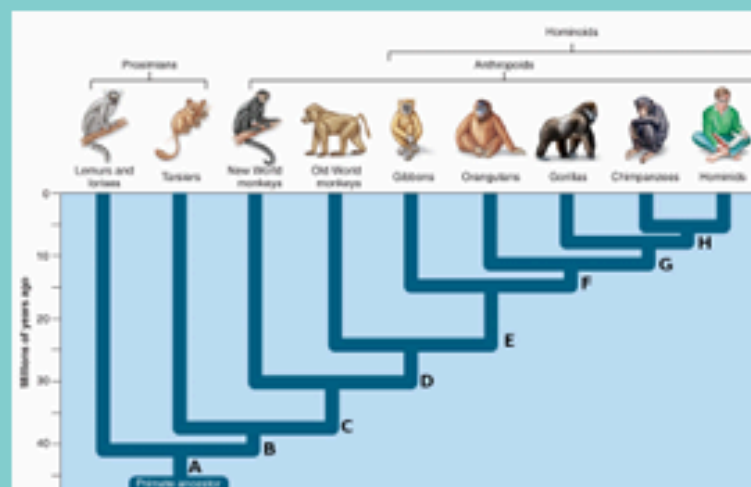
Nós viemos do macaco? X

Não é correto dizer que viemos dos macacos.

Nós, da espécie *Homo sapiens*, compartilhamos um ancestral em comum com os macacos, mais especificamente, com os chimpanzés e bonobos, e este ancestral, está extinto.

Por isso, nós não "viemos" do macaco ou do chimpanzé, nós viemos de um ancestral em comum a eles. Cerca de 97 a 99% do nosso DNA é idêntico ao dos chimpanzés, e quanto mais parecidas são duas espécies, mais recentemente viveu o seu último ancestral em comum.

O mais aceito atualmente é que o *Sahelanthropus* foi o ancestral em comum que deu origem aos chimpanzés (*Pan*) e aos humanos (*Homo*).



Fonte da imagem: Questão de Ciência, 2018

O primeiro homínideo provavelmente foi o *Homo habilis*, que viveu entre 2,3 a 1,6 milhões de anos atrás, e tinha um crânio relativamente grande, porém, menos da metade da nossa espécie atual.

Possivelmente, foi do *Homo habilis*, que evoluíram as outras espécies de humanos.

Depois de algum tempo, o *Homo habilis* deu origem ao *Homo erectus*, que tinha mais habilidade com uso de ferramentas. *Homo erectus* foi possivelmente a espécie de humano que viveu mais tempo, tendo surgido a aproximadamente 2 milhões de anos atrás e as suas últimas populações viveram até cerca de 100 mil anos atrás. Ele foi possivelmente também a primeira espécie humana a controlar o fogo há 1 milhão de anos atrás e sair da África, migrando para a Europa e a Ásia.

A nossa espécie atual, o *Homo sapiens*, descendente do *Homo heidelbergensis*, surgiu na África por volta de 300 mil anos atrás, e migrou para o Oriente Médio e Ásia por volta de 125 mil anos atrás. Essa espécie moderna surgiu a partir de cruzamentos entre diferentes homínideos, uma hipótese é que o *Homo sapiens* tenha se originado simultaneamente em várias partes do planeta, a partir de cruzamentos entre populações de *Homo* dispersas pela África, Ásia e Europa.



Especiação

A especiação é fundamental para a diversidade dos seres vivos.

A especiação é o processo evolutivo que leva ao desenvolvimento de novas espécies a partir de uma população ancestral.

Ela pode ocorrer principalmente quando as populações são isoladas fisicamente ou geograficamente (e impedidas de reproduzir), por ação de montanhas, rios ou oceanos.

Se a população inicial for separada por um período de tempo (geralmente de várias gerações), as mudanças selecionadas pela seleção natural, e também ocasionadas por ação de mutações, podem ser tão significativas que essas populações podem não ser capazes de produzir descendentes férteis, e o isolamento reprodutivo é fundamental para que se possa identificar qualquer processo de especiação.

Porém, apesar da especiação causada pelo isolamento geográfico ser a mais comum, chamada de especiação **alopátrica**, também existem outros tipos, como a **simpátrica** e a **parapátrica**, que ocorrem sem que tenha ocorrido isolamento geográfico, apenas pelo isolamento reprodutivo.

Na especiação **parapátrica**, não há um isolamento geográfico bem estabelecido, porém, as populações não cruzam aleatoriamente. Neste tipo de especiação, a população se espalha por uma grande área, e os indivíduos normalmente cruzam com os indivíduos que estão mais próximos de si, do que daqueles que estão mais distantes, mesmo sendo da mesma população.

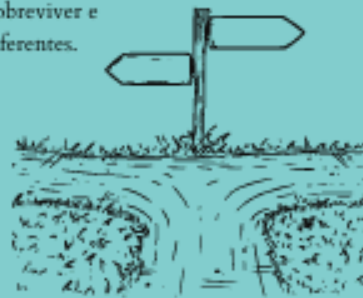
As mudanças evolutivas ocorrem pelas pressões seletivas distintas (pois os indivíduos estão distantes), ou por barreiras geográficas parciais. Por exemplo, uma parte da população pode estar em um ambiente mais seco, e a outra parte em um ambiente mais úmido, e isto significa que as características que estes organismos precisam ter para sobreviver e reproduzir são diferentes.

Na especiação **simpátrica**, não há qualquer isolamento ou distância geográfica, porém, as populações que ocupam ou começam a ocupar nichos diferentes podem parar de se reproduzir.

Por exemplo, as moscas da maçã depositam seus ovos em espinheiros e nas maçãs.

As fêmeas costumam depositar os seus ovos nos tipos de frutos que cresceram, e os machos costumam procurar fêmeas no ambiente em que cresceram. Então as moscas do espinheiro cruzam com outras moscas do espinheiro, e moscas da maçã com outras moscas da maçã. Portanto, o fluxo gênico dentro desta população é baixo.

Porém, os cientistas tratam a especiação simpátrica como um evento não tão significativo para a diversidade da vida.



Mas afinal, a evolução ocorre ao acaso ou não?



Como nós vimos, a evolução ocorre a partir dos mecanismos evolutivos.

E alguns desses mecanismos ocorrem de maneira aleatória, como a mutação e a deriva genética. A deriva genética é um mecanismo que acontece de maneira aleatória, e quem sobrevive neste caso, não é o mais adaptado e sim o que teve mais sorte. No caso das mutações, elas precisam ocorrer nas células gaméticas dos organismos pluricelulares para que possam ser transmitidas para seus descendentes e originar a longo prazo características diferentes observáveis nas populações. Então, ao dizer que as mutações ocorrem ao acaso, significa que não há como prever quando ocorrerá uma mutação no material genético, e nem que tipo de mutação será essa (boa, má ou neutra). Porém, mesmo sabendo da aleatoriedade do mecanismo, hoje em dia, sabemos que alguns fatores são capazes de causar mutações, como a radiação UV e a radiação ionizante, alguns vírus, alguns produtos químicos e etc. Além disso, com o conhecimento da genética atual, os cientistas sabem que algumas partes do DNA são mais propensas a mutações, além de saber que alguns tipos de mutações são muito mais frequentes que outras. Apesar destes conhecimentos, não é possível saber quando ou se uma ou várias mutações irão ocorrer.

Agora, o mecanismo de seleção natural, não é ao acaso, pois o ambiente está condicionando espécies e populações mais adaptadas à sobrevivência, ou seja, nós sabemos explicar porquê aqueles indivíduos estão sobrevivendo naquele ambiente.

Podemos dizer que a evolução não possui uma intenção, mas não é um evento aleatório ou ao acaso, possui sim alguns mecanismos que ocorrem devido a eventos aleatórios, porém, pela ação da seleção natural, a evolução não é um evento aleatório.



Referências



CIÊNCIA, Olá. Como MENTIRAM PARA VOCÊ sobre a EVOLUÇÃO !!! YouTube, 20 de set. de 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=d69OSmGYTZ4&t=15s>

CARMO, Viviane Arruda do; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. Charles Darwin, Alfred Russel Wallace e a seleção natural: um estudo comparativo. *Filosofia e História da Biologia*, v. 1, p. 335-350, 2006.

Especiação Parapátrica. *Ecologia- USP*. Disponível em:

<https://ecologia.ib.usp.br/evosite/evo101/VC1dParapatric.shtml>

Especiação Simpátrica. *Ecologia- USP*. Disponível em:

<https://ecologia.ib.usp.br/evosite/evo101/VC1eSympatric.shtml>

ETAPAS EVOLUTIVAS - O Gênero Homo. Unesp. Disponível em:

<https://www2.assis.unesp.br/darwinno brasil/humanev2b.htm>

FERREIRA, Jéssica. Quem foi Alfred Wallace, um dos pais da seleção natural.

Revista Galileu. 21 de mai. de 2019. Disponível em:

<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2019/05/quem-foi-alfred-wallace-um-dos-pais-da-selecao-natural.html>

Fluxo Gênico. *Ecologia- USP*. Disponível em:

<https://ecologia.ib.usp.br/evosite/evo101/IIIIC4GeneFlow.shtml>

Figuras: Canva

Gargalos e Efeito Fundador. *Ecologia- USP*. Disponível em:

<https://ecologia.ib.usp.br/evosite/evo101/IIID3Bottlenecks.shtml>

MECANISMOS EVOLUTIVOS. E-disciplinas USP. Disponível em:

<https://disciplinas.usp.br/mod/book/view.php?id=2434815&chapterid=20352>

MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel Niño. *Evolução: o sentido da biologia*. São Paulo, 2005, Editora UNESP.

NERDOLOGIA. *Evolução humana*. YouTube, 2 de ago. de 2019. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=Comf5vc56zc&t=160s>

PIRULLA, Canal do. P.C.R.Evo [1] - Por que ainda existem macacos? YouTube, 13 de jan. de 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=LBjDKpml85e&t=54s>

PIRULLA, Canal do. P.C.R.Evo [2] - Evolução é acaso? YouTube, 20 de jan. de 2016.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5gHH9pTqYPk>

PIRULLA, Canal do. Evolução e dispersão dos HOMINÍDEOS (Parte 1: origem das

espécies). YouTube, 2 de set. de 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=8ox6Ff2SbWw&t=1059s>

SECO, Ana Paula. Alfred Russel Wallace. HISTEDBR. Coleção "Navegando pela História

da Educação Brasileira" - 2006. Disponível em:

<https://www.histedbr.fe.unicamp.br/navegando/glossario/alfred-russel-wallace>

SISTERS, Amoeba. *Deriva Genética*. YouTube, 8 de jun. de 2017. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=W0TM4LQmoZY&t=18s>

SISTERS, Amoeba. *Mutations (Update)*. YouTube, 31 de jul. de 2019. Disponível

em: <https://www.youtube.com/watch?v=vl6Vlf2thv1>

TANIGUTI, Nathália. 5 exemplos de como a seleção natural atua na evolução das

espécies. meu DNA. Disponível em: <https://blog.meudna.com/selecao-natural/>

TANIGUTI, Nathália. *Seleção sexual: a busca pelos parceiros reprodutivos*. meu DNA.

Disponível em: <https://blog.meudna.com/selecao-sexual/>

Understanding Evolution. Berkeley University of California. Disponível em:

<https://evolution.berkeley.edu/teach-evolution/misconceptions-about-evolution/>

URRY, Lisa A.; CAIN, Michael L.; WASSERMAN, Steven A.; e outros. *Biologia de*

Campbell . 12ª edição. Porto Alegre: ArtMed, 2022. E-book.

VIEIRA, Gilberto Cavaleiro; ARAÚJO, Leonardo Augusto Luvison. *Ensino de Biologia:*

Uma perspectiva evolutiva, vol I. Porto Alegre, 2021.

