

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Faculdade de Educação**  
**CECIMIG – Centro de Ensino de Ciências e Matemática de Minas Gerais**  
**ENCI – Especialização em Ciências por Investigação**  
**Anderson Fernandes de Melo**

**COMO ALUNOS INTERPRETAM A RESISTÊNCIA BACTERIANA  
SOB A ÓTICA DAS TEORIAS EVOLUCIONISTAS DE LAMARCK  
E DARWIN NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de conclusão do curso de especialização de Ensino de Ciências por Investigação do Centro de Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. M<sup>a</sup> de Fátima Marcelos

Belo Horizonte  
Dezembro de 2012

**Anderson Fernandes de Melo**

**COMO ALUNOS INTERPRETAM A RESISTÊNCIA BACTERIANA  
SOB A ÓTICA DAS TEORIAS EVOLUCIONISTAS DE LAMARCK  
E DARWIN NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de conclusão do curso de  
especialização de Ensino de Ciências  
por Investigação do Centro de Ensino de  
Ciências e Matemática da Universidade  
Federal de Minas Gerais.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. M<sup>a</sup> de Fátima Marcelos

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup>. Maria de Fátima Marcelos  
Orientadora

---

Prof<sup>a</sup> MSc. Cacilda Lages  
Leitora Crítica

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela benção e espiritualidade de executar esse trabalho, a minha família, pais, irmãos, sobrinhos, pelo amor incondicional. E em especial a minha esposa pela compreensão nas horas difíceis e pelo incentivo quando pensava em desistir. Obrigado a todos, sem vocês essa conquista não seria possível.

A ignorância gera confiança com mais frequência do que o conhecimento: são aqueles que sabem pouco, e não aqueles que sabem muito, que tão positivamente afirmam que esse ou aquele problema jamais será resolvido pela ciência.

Charles Darwin

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo contribuir para o ensino de ciências por investigação por meio de pesquisa sobre ensino e aprendizagem de teorias evolutivas. Nesse sentido, busca-se verificar relações estabelecidas por alunos de ensino médio entre a resistência bacteriana e as teorias evolutivas de Lamarck e Darwin. Para tal, foi realizada uma pesquisa qualitativa em duas etapas: pesquisa bibliográfica e trabalho empírico. Na pesquisa bibliográfica foram abordados os temas ensino e aprendizagem de evolução, bem como teorias de evolução biológica e resistência bacteriana. Na etapa empírica, foram coletados dados por meio de questionário, discussão e grupo focal. Os resultados apontam: 1 – Os alunos possuem dificuldades em separar as Teorias Lamarckistas das Darwinistas, mas percebem a importância do seu entendimento. 2 – Apesar de fazer parte do seu cotidiano, o surgimento das bactérias resistentes aos antibióticos, possibilita diversas interpretações dos alunos e, muitas vezes, não compatíveis com a descrição darwinista. Considera-se que esse trabalho abre perspectivas de pesquisas sobre as Teorias Evolutivas, em especial a apresentação de temas relacionados ao cotidiano do aluno, como a resistência bactéria, ou saúde pública.

**Palavras chaves:** Antibióticos, Bactérias, Resistência Bacteriana, Teoria Evolutiva de Darwin, Teoria Evolutiva de Lamarck.

## ABSTRACT

This work has as its goal contributes to the science teaching by investigating from the ways of searching about the teaching and learning of the evolutionary theories. In this way, it tries to check the relations established by students from high school between bacterial resistance and the evolutionary theories from Lamarck and Darwin. For this, it was done a qualitative research in two steps: bibliographic research and empirical work. In the bibliographic research was approached the teaching and learning themes of the evolution, as well as theories of the biological evolution and bacterial resistance. In the empirical step, data were collected by questionnaires, debate and focal group. The results show: 1 – The students have difficulties in separating the theories of Lamarck and Darwin, but they realize the importance of their knowledge. 2 – Besides being part of their everyday, the appearance of the bacteria antibiotics' resistant, allow several interpretations of the students and, many times, they are compatible with Darwin's description.

It regards that this work opens research's perspectives about the Evolutionary Theories, specially the presentation of topics related to the everyday of the student, as bacterial resistance, or the public health.

**Keywords:** Antibiotics, Bacteria, Bacteria resistance, Darwin's Evolutionary Theory, Lamarck's Evolutionary theory.

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Nº</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>PAG</b>
GRÁF. 1	Resposta dos sujeitos à questão 1 – Parte I: Você tem o hábito de, em casa, estudar o conteúdo Evolução?.....	<b>38</b>
GRÁF. 2	Resposta dos sujeitos à questão 2 – Parte I: Você busca informações sobre o conteúdo Evolução em sites, jornais e/ou revistas?.....	<b>39</b>
GRÁF. 3	Resposta dos sujeitos à questão 3 – Parte I: Como você avalia seu desempenho na disciplina Biologia? ..	<b>40</b>
GRÁF. 4	Resposta dos sujeitos à questão 4 – Parte I: Como você avalia seu desempenho no aprendizado de Evolução?.....	<b>40</b>
GRÁF. 5	Resposta dos sujeitos à questão 5 – Parte I: Você se identifica com as idéias evolutivas de .....	<b>41</b>
GRÁF. 6	Resposta dos sujeitos à questão 6 – Parte II: Você já ouviu falar sobre “resistência bacteriana a antibióticos”? ...	<b>43</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Nº</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>PAG</b>
GRAF. 7	Resposta dos sujeitos à questão 7 – Parte II: Letras a (onde ouviu falar sobre o assunto? ); b (o que ouviu falar? ); c (Você concorda com essas informações? Justifique) .....	<b>43</b>
GRAF. 8	Resposta dos sujeitos à questão 8– Parte II: Responda detalhadamente: como você explica o fato de o antibiótico em questão não fazer mais efeito após algum tempo de seu uso no tratamento?.....	<b>45</b>
QUADRO 1	Respostas do Grupo Focal e Análises	<b>50</b>

## LISTA DE SIGLAS

a.C	Antes de Cristo
DNA	Ácido Desoxirribonucléico
ENCI	Ensino de Ciências Por Investigação
FaE	Faculdade de Educação
ID	<i>Intelligent Design</i>
MEC	Ministério da Educação
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Parâmetros Curriculares Mais
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
SEE	Secretaria Estadual de Educação
TCC	Trabalho de conclusão de curso
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

## SUMÁRIO

		PAG
1	<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
2	<b>CAPÍTULO 2 - ENSINO E APRENDIZAGEM DE EVOLUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
3	<b>CAPÍTULO 3 - AS TEORIAS DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E A RESISTÊNCIA BACTERIANA.....</b>	<b>22</b>
3.1	Aspectos históricos das teorias evolutivas.....	<b>22</b>
3.2	A Teoria Evolutiva de Lamarck.....	<b>27</b>
3.3	A Teoria Evolutiva de	<b>28</b>

	Darwin.....	
3.4	A Resistência Bacteriana sob a Ótica das Teorias Evolutivas de Lamarck e Darwin.....	29
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA DA PESQUISA.....</b>	<b>32</b>
4.1	Considerações Sobre a Pesquisa.....	32
4.2	Apresentação dos Resultados.....	35
<b>5</b>	<b>CAPÍTULO 5 - RESULTADOS, ANÁLISES E DISCUSSÕES.....</b>	<b>36</b>
5.1	Recepção da Proposta de Pesquisa Pelos Alunos.....	36
5.2	Fase 1 – Exposição das Teorias Evolutivas de Lamarck e Darwin.....	36
5.3	Fase 2 – Coleta de Dados Por Meio de Questionário...	38
	A Parte 1 – Perfil dos Alunos Participantes.....	38
	B Parte 2: Percepção dos Alunos Quanto à Resistência Bacteriana.....	42
5.4	Fase 3 – Discussões Sobre Resistência Bacteriana e Teorias de Lamarck e Darwin.....	49
5.5	Resultados do Grupo Focal e Análises.....	50
<b>6</b>	<b>CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>54</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>58</b>
<b>CAPITULO I – INTRODUÇÃO</b>		

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. A teoria da evolução, acrescida das atualizações e desdobramentos ocorridos nos últimos 150 anos, não só explica a diversidade da vida como também proporciona uma excelente oportunidade para análises e reflexões que desenvolvem o espírito crítico daqueles que a estudam. Por essas razões, o ensino dessa disciplina contribui

para formar um cidadão informado, capaz de tomar decisões pensadas e de se adaptar a mudanças.

Os antibacterianos são amplamente utilizados com fins terapêuticos pela população, sendo de grande importância no papel de diminuir a mortalidade causada por doenças infecciosas. Segundo (MOTA, 2005), a resistência bacteriana é um sério problema de saúde pública, visto que essa resistência bacteriana podendo ser genética ou não. O fato é que o número de novas bactérias resistentes e patogênicas para os animais e humanos cresce mais rápido do que a capacidade dos laboratórios e indústrias produzirem novas drogas.

A escola constitui um espaço de difusão e construção de saberes, valores e normas. É considerada como lugar estratégico para o desenvolvimento de debates e discussões a respeito de temas relacionados à evolução biológica, e esse por vez causa uma transcendência com outros, dentre eles a resistência bacteriana.

A resistência bacteriana pode ser de difícil compreensão do aluno de ensino médio. Portanto, tem-se por objetivo geral contribuir para o ensino de ciências por investigação por meio de pesquisa sobre ensino e aprendizagem de teorias evolutivas. Nesse sentido, busca-se verificar, por meio de questionário, discussões e grupo focal, as relações estabelecidas por alunos de ensino médio entre a resistência bacteriana e as teorias evolutivas de Lamarck e Darwin. Conhecer essas relações nos permite perceber onde está a maioria dos erros entre as duas teorias e as limitações sobre resistência bacteriana. Portanto, uma pesquisa voltada para a tentativa de estabelecer uma clareza entre as teorias evolucionistas e as resistências bacterianas no ensino médio encontra-se em sintonia com um ensino por investigação.

Orientam o trabalho as seguintes questões:

1- Que aspectos devem ser observados no ensino e na aprendizagem de Evolução?

2- Quais são as semelhanças e diferenças entre as teorias evolutivas de Darwin e Lamarck?

3- Como as teorias de Darwin e Lamarck explicariam a resistência bacteriana?

4- Que concepções alunos de ensino médio trazem sobre resistência bacteriana antes de estudarem evolução?

5- Como alunos interpretam a resistência bacteriana após estudarem as teorias evolutivas de Darwin e de Lamarck?

Visando responder a essas questões, o trabalho está dividido em duas etapas:

Na primeira etapa é realizada uma pesquisa bibliográfica, abordando publicações sobre o tema.

Na segunda etapa ocorre o trabalho empírico com participação de alunos. Os sujeitos da pesquisa respondem questionário elaborado pelo pesquisador; discutem sobre como Lamarck e Darwin explicariam a resistência bacteriana e participam de grupo focal sobre o tema. Antes, porém, são ministradas aulas sobre as teorias de Lamarck e Darwin, sem tocar no assunto resistência bacteriana.

Para efeito de apresentação, o trabalho está estruturado da seguinte forma:

No capítulo um – *Introdução* – apresenta-se uma breve descrição da pesquisa.

No capítulo dois – *Ensino e Aprendizagem de Evolução* – ressalta-se a importância do aprendizado de Biologia, em especial de Evolução. Analisa-se as diretrizes do PCN sobre o ensino de Evolução. Destacam-se também os desafios e as dificuldades que o professor enfrenta ao ensinar evolução e principalmente a importância de correlacionar o ensino de evolução com ensino de ciências por investigação.

Assim, a questão de pesquisa número 1 é contemplada nesse capítulo.

No capítulo três – *As teorias de evolução biológica de Lamarck e Darwin e suas relações com a resistência bacteriana* – faz-se a exposição das principais idéias contidas nas teorias evolutivas de Lamarck e Darwin e busca-se identificar como essas explicariam a resistência bacteriana.

Dessa forma, as questões de pesquisa números 2 e 3 são contempladas nesse capítulo.

Enfim, os capítulos dois e três apresentam os resultados da pesquisa bibliográfica.

A metodologia de pesquisa está exposta no capítulo quatro – *Metodologia da pesquisa*.

No capítulo cinco – *Resultados, Análises e Discussões* – são apresentados os resultados obtidos no trabalho empírico, as análises feitas a partir desses resultados e as discussões realizadas na pesquisa de acordo com os objetivos propostos e com a pesquisa bibliográfica.

Assim, nesse capítulo são contempladas as questões de pesquisa números 4 e 5.

Já no capítulo seis – *Considerações Finais* – retomam-se os objetivos e as questões iniciais de pesquisa, relacionando-os com os resultados apresentados e discutidos, além de abordar algumas perspectivas de investigações e ações vislumbradas com esse estudo.

O interesse por esse tema surgiu pela observação, realizada pelo pesquisador, de que a mídia constantemente aborda a resistência biológica de bactérias estabelecendo relações errôneas com as teorias evolutivas citadas. Assim, surgiu a necessidade de verificar se estudantes de ensino médio cometiam também os mesmos equívocos. Então, procura-se – pesquisador e orientador –, ambos biólogos de formação e atuando como professores de Biologia de Ensino Médio, unir os conhecimentos formados sobre as teorias evolucionistas e resistência bacteriana, tema esse considerado de suma importância dentro da escola, juntamente com a capacidade de formar cidadãos que possam perceber que suas atitudes podem ter um peso no surgimento das bactérias resistentes.

Atualmente, o pesquisador é aluno do Curso de Especialização em Ensino de Ciências por Investigação – ENCI – da Faculdade de Educação – FaE - da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Tal curso busca formar profissionais com competências para realizar estudos autônomos mediados por tecnologias de informação e comunicação e utilizar, em suas aulas, metodologias de ensino de ciências por investigação com abordagem comum às ciências da natureza.

## **CAPITULO 2 – ENSINO E APRENDIZAGEM DE EVOLUÇÃO**

A Biologia é composta de um campo diversificado de conhecimentos, no entanto, apresenta eixos que lhe oferecem sustentação e contextualização, tais como a evolução e a construção histórica da Biologia.

O ensino de ciências permite um conhecimento mais amplo do cotidiano. Uma forma de percepção desse fato é o eixo existente entre o ensino de biologia e outros ramos da ciência como a Física e Química. Dentre os conteúdos curriculares, a evolução merece destaque especial, devido ao fato

de ser o canal estruturador dessa ciência, isto é, formar elos entre outros temas dentro da Biologia. As teorias evolucionistas são assuntos complexos e interativos cuja compreensão demanda conhecimentos em diversas áreas da biologia, bem como também de Geologia, Matemática, e Filosofia, entre outros.

Para Tidon e Vieira (2009) nos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN - o tema Evolução é mais bem contemplado no final do ensino fundamental do que nas séries iniciais.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) em ciências naturais, para crianças entre 1ª e 4ª séries, enfatizam a ecologia e propõem que os alunos desenvolvam a capacidade de "compreender a natureza como um todo dinâmico, sendo o ser humano parte integrante (...)" (MEC/ Secretaria de Educação Fundamental, 1997<sup>1</sup>). Contudo, essas orientações são demasiado genéricas para guiar o aluno em direção a uma conclusão sobre a importância da evolução nessa dinâmica e integração. Esses estudantes estão incluídos na faixa etária em que Lawrence Lerner (*Nature*, Vol.407, p.287-290, 2000<sup>2</sup>) recomenda que sejam passadas noções de variação, herança de características e idade do planeta. Entretanto, esse conteúdo não recebeu um tratamento específico nas indicações dos PCNs para essas séries. É importante que essas premissas sejam ensinadas para uma posterior compreensão da evolução. As recomendações dos PCN para os últimos ciclos do ensino fundamental (5ª a 8ª séries) dão um salto qualitativo nesse assunto. É ressaltado, por exemplo, que as noções lamarckistas de mudança são intuitivamente sedutoras, e é dito que "serão destacadas explicações evolucionistas" (MEC/SEF, 1998<sup>3</sup>). Contudo, se as noções de variação e tempo não estiverem bem sedimentadas, por conta de sua ausência nas recomendações anteriores, o trabalho do professor pode ser dificultado (TIDON e VIEIRA, 2009).

Os Parâmetros e Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM reconhecem o papel da evolução e sugerem que diferentes conteúdos da Biologia sejam trabalhados integrados pela evolução (Brasil, 1999). Sendo assim, o documento faz a seguinte inferência:

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

---

<sup>1</sup> Os autores do texto da citação não expõem a lista de referências do trabalho, ficando impossível apontar a referência completa.

<sup>2</sup> Os autores do texto da citação não expõem a lista de referências do trabalho, ficando impossível apontar a referência completa.

<sup>3</sup> Os autores do texto da citação não expõem a lista de referências do trabalho, ficando impossível apontar a referência completa.

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).

Vários autores e estudiosos apontam a grande importância do ensino das teorias evolucionistas tal como François Jacob (1980), que na introdução de seu livro “A lógica da vida”, posiciona-se da seguinte maneira sobre a Biologia e à Teoria da Evolução:

Em biologia, existe um grande número de generalizações, mas poucas teorias. Entre estas, a Teoria da evolução ocupa uma posição um pouco mais importante que as outras, porque uma massa de observações oriunda dos mais diversos que, caso contrário, permaneceriam isolados; porque interrelaciona todas as disciplinas que se interessam pelos seres vivos, porque instaura uma ordem na extraordinária variedade de organismos e liga-os estreitamente ao resto da Terra; em suma, porque fornece uma explicação causal do mundo vivo e de sua heterogeneidade. (JACOB, 1980, p.20).

Dessa forma, Cicillium (1993) considera que a ciência da Biologia não pode prescindir da concepção da Evolução. Neste contexto, a Biologia, tendo a Evolução como um dos seus princípios ordenadores, envolve conceitos complexos (sistemas hierárquicos, reprodução sexual, intrincamento de reações bioquímicas), conceitos esses que a explicam e a ordenam, mas que não podem ser estudados adequadamente pelos métodos usuais de investigação científica, ou seja, o método experimental dirigido ao conhecimento empírico da realidade física.

As teorias evolutivas têm um papel de explicar problemas da ciência investigativa a fim de que seus conhecimentos sejam infundados em fatos, observações e análises minuciosas. Assim, estudos evolutivos podem contribuir para uma visão mais ampla sobre a maneira como as ciências biológicas explicam as mudanças sofridas pelos seres vivos ao longo do tempo, a diversificação de suas formas e suas adaptações aos ambientes em que vivem.

Para Meyer e El-Hani (2005), é esperado que a evolução assuma, no ensino médio brasileiro, um papel mais central do que o tradicionalmente desempenhado. Não é apropriado tratar a evolução como somente mais um conteúdo a ser ensinado, lado a lado com quaisquer outros conteúdos abordados nas aulas de Biologia.

Portanto, sendo parte importante do currículo da disciplina Biologia, a evolução deveria receber atenção especial em sala de aula. Na prática, porém, os aspectos citados nem sempre são contemplados. Tidon e Vieira (2009) apontam:

... a ciência é pouco utilizada como instrumento para interpretar a realidade ou para nela intervir e os conhecimentos científicos acabam sendo abordados de modo descontextualizado”. Para dirimir essa descontextualização, os PCN+ propõem algumas soluções. Por exemplo, sugerem que a questão étnica entre nas aulas de genética, e que em ecologia seja destacado o desenvolvimento sustentável; além disso, dividem o ensino de biologia em temas estruturais, sendo o sexto deles a origem e evolução da vida. Esse passo positivo, entretanto, mantém a situação problemática em que a evolução é relegada ao último ano (e, muitas vezes, últimas semanas) do ensino médio. Tanto nesse quesito quanto em outros as recomendações têm melhorado nos últimos anos (TIDON e VIEIRA, 2009). .

Para Bizzo e El-Hani (2009), características comuns são encontradas no ensino de evolução em lugares distintos no mundo. Entre essas características, o fato de estudantes apresentarem conhecimento evolutivo bastante restrito, bem como a argumentação de que um enfoque histórico seria necessário para permitir o desenvolvimento de um real entendimento da teoria evolucionista.

Uma das situações invariantes é o baixo desempenho de estudantes que completam seus estudos antes da universidade, no que seria o ensino médio brasileiro. Até mesmo investigações sobre estudantes universitários de cursos de biologia têm mostrado resultados parecidos, no Brasil e em outros países. Estes resultados sugerem que há razões complexas para as dificuldades de aprendizagem de evolução, que não devem limitar-se à destreza e aos conhecimentos do professor ou às habilidades cognitivas do aluno (Bizzo e El-Hani, 2009, p.235).

É notável a existência de dificuldades vivenciadas pelos alunos em aprender as teorias evolucionistas, inclusive no Brasil. Uma delas seria a de que a evolução, por ser tratada ao final dos anos letivos, acabaria por prejudicar sua compreensão. Essa organização se deve ao fato de alguns professores e planejadores de currículos tomarem como certo que

conhecimento sobre a diversidade biológica, a biologia molecular e a genética são essências para compreender evolução. No entanto, segundo Bizzo e El-Hani, um planejamento curricular que situe a evolução na última parcela da biologia do ensino médio pode levar a resultados pífios. Ainda de acordo com Bizzo e El-Hani, esse planejamento curricular pode levar a algumas visões de conteúdos sobrepostos, ou seja, um conteúdo somado ao outro. Porém, é sabido que a evolução necessita das outras linhas da biologia, ou vice versa! Isso mostra a dificuldade de adotar tal perspectiva cumulativa. Contudo, é preciso considerar a extensão temporal do ensino médio de biologia, sendo assim, trabalhada de forma indevida, não exercendo seu papel em criar links com o conhecimento científico. Mesmo assim, já existem livros didáticos como *Bio volume único* da autora Sonia Lopes, editora Saraiva, que busca uma proposta diferente, colocando a genética e as teorias evolucionistas no mesmo ano de ensino.

De acordo com Tidon e Lewontin (2004), o planejamento curricular se apóia em certas suposições relacionadas à edificação da complexidade. Conceitos simples, especialmente aqueles que ajudam a compreender outros conceitos mais complexos, são tratados em primeiro lugar no planejamento curricular, de modo a permitir um enfoque progressivo. Porém, esse tipo de enfoque está em desacordo com a teoria darwinista, para quem evolução não é progresso, podendo levar ao reforço dessa metáfora conceptual<sup>4</sup> não desejável.

Uma outra questão é a influência das crenças religiosas dos alunos na aceitação do conteúdo evolutivo ensinado. Tal influência levou a discussões sobre o assunto, proporcionando pesquisas sobre evolução (TIDON e VIEIRA, 2009).

No entanto, não são somente as crenças dos alunos que podem ser entraves ao ensino da evolução. Segundo Almeida e Falcão (2005), apesar de sua importância, a teoria evolucionária desafia várias crenças de fundo

---

<sup>4</sup> A teoria da Metáfora Conceptual foi apresentada por Lakoff e Johnson no livro *Metaphors We Live By* (Metáforas da Vida Cotidiana) em 1980. Segundo ela, metáforas podem estar arraigadas em nosso pensamento, definindo a forma como pensamos e também como agimos. Um exemplo é a metáfora “tempo é dinheiro” que nos leva a agir de acordo com ela. Dessa maneira, não podemos “perder tempo”, “gastar tempo” e gostamos de “ganhar tempo”, “poupar tempo”. As metáforas conceptuais também estão presentes na ciência, sendo que “evolução é progresso” se encaixa nessa concepção, de acordo com Marcelos (2006).

religioso, ideológico, filosófico e epistemológico, o que torna sua abordagem em contexto de sala de aula particularmente difícil, tanto no ensino, por parte dos professores, quanto na aprendizagem, por parte dos alunos.

Há muito a questão religiosa é assunto recorrente quando o tema é evolução, tornando-se um entrave para evolucionistas ao longo da história e trazendo reflexos em sala de aula. Atualmente, o *Intelligent Design*<sup>5</sup> – ID, isto é, Design Inteligente como é conhecido no Brasil, possui adeptos que buscam substituir, nas escolas estadunidenses, o ensino da teoria darwinista por essa corrente com claras influências religiosas. De acordo com Tidon e Vieira (2009), no Brasil, o Ministério da Educação - MEC, ao final de 2008, reforçou sua posição no debate relativo ao ensino do criacionismo nas escolas do país: esse modelo não deve ser apresentado em aulas de ciências.

Por isso, vários estudos na área da educação em ciências estão sendo desenvolvidos para tentarem mostrar as dificuldades no processo de ensinar e aprender as Teorias Evolucionistas. Oleques, Santos e Bôer (2011), analisaram que pesquisas relacionadas com o ensino da evolução biológica têm mostrado que este ensino não é satisfatório em várias partes do mundo e apontam para a necessidade de uma melhoria no processo de ensino e aprendizagem desse conteúdo.

Seguindo essa linha, Tidon e Lewontin (2004) constaram que boa parte dos professores considera “mais fácil” distinguir os temas que envolvem as teorias de Darwin e Lamarck, mas apresentam idéias lamarckistas já refutadas para explicar a evolução da vida.

De acordo com Oleques, Santos e Bôer (2011), existem visões equivocadas cometidas por professores de que a evolução é um processo causal, finalista e diretivo, bem como, um processo progressivo que abarca o melhoramento e complexidade dos seres. Este pensamento cognitivo dos professores aproxima-se muito do pensamento manifestado por estudantes em trabalhos relatados por pesquisadores da área citado neste estudo.

---

<sup>5</sup> Design inteligente – é a assertiva de que "certas características do universo e dos seres vivos são mais bem explicadas por uma causa inteligente, e não por um processo não-direcionado como a seleção natural"; e que "é possível a inferência inequívoca de projeto sem que se façam necessários conhecimentos sobre o projetista, seus objetivos ou sobre os métodos por esse empregado na execução do projeto." [http://pt.wikipedia.org/wiki/ Design inteligente](http://pt.wikipedia.org/wiki/Design_inteligente)

Neste sentido, o processo ensino-aprendizagem da evolução biológica fica prejudicado, já que os professores não dominam adequadamente alguns conceitos evolutivos. Argumentamos que é necessário um maior domínio do conhecimento histórico da teoria evolutiva e seus processos (Oleques, Santos e Bôer 2011).

A evolução não pode ser trabalhada de forma isolada, pois se trata de um ramo da ciência com extrema conexão com outras partes da biologia.

Isso leva a uma perspectiva cumulativa, na qual os conteúdos considerados relevantes para a aprendizagem de evolução são somados uns aos outros, de maneira sequencial, passo a passo. No entanto, tudo é relevante para a aprendizagem da evolução, ou vice e versa! Isso mostra a dificuldade de adotar tal perspectiva cumulativa. Devemos considerar, entretanto, algumas restrições, com, por exemplo, a extensão temporal do ensino médio de biologia. Se deixarmos a evolução para o fim da educação básica, ela tenderá a ser abordada de modo impróprio e não cumprirá o papel integrador que efetivamente tem no conhecimento biológico (Bizzo e El-Hani, 2009)

Por fim, de acordo com Meyer e El-Hani, existe uma expectativa para que a evolução assuma, no ensino médio brasileiro, um papel mais central do que o tradicional desempenhado. Não é apropriado tratar a evolução como somente mais um conteúdo a ser ensinado, lado a lado com quaisquer outros conteúdos abordados nas salas de aula de Biologia.

Sendo assim, o desenvolvimento desse estudo, levando em consideração a importância e todas as dificuldades em ensinar evolução, procura se alinhar com o ensino de ciência por investigação. Auxilia a conectar ciência e sociedade com a cultura e vida cotidiana do aluno, em que os conhecimentos sobre evolução biológica são adquiridos de forma investigativa, corroborando o mesmo dentro da formação pessoal e permitindo assim um possível maior entendimento de outras áreas da ciência, criando elos, como já citado acima.

## **CAPITULO 3 – AS TEORIAS DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E A RESISTÊNCIA BACTERIANA**

### **3.1- Aspectos Históricos das Teorias Evolutivas**

Para entender as preocupações da biologia evolutiva moderna, é essencial conhecer um pouco de sua história. De acordo com os pensamentos de Futuyma (1992), o estudo das teorias evolutivas nos remete a sua importância histórica e científica, e ao seu um papel conectivo com outras disciplinas.

O pensamento evolutivo sempre sofreu objeções, principalmente da teologia cristã. Essa teologia adotou uma interpretação quase que literal de

textos sagrados. De acordo com Futuyama, uma vez que Deus é perfeito, Ele deve ter materializado tudo que existia como sua idéia. Assim, tudo deveria ser permanente e imutável e todo ser vivo deveria ter seu lugar fixado de acordo com o plano de Deus. O evento de criação teria ocorrido há poucos milhares de anos. O arcebispo James Ussher<sup>6</sup>, 1664, baseando-se em leituras do Antigo Testamento, proclamou que a Terra teria exatamente 5668 anos de idade e que a Criação teria ocorrido no dia 26 outubro de 4004 a.C., às 9h da manhã.

Em contrapartida, idéias evolucionistas começaram a surgir no século XVIII, como influência de idéias iluministas e por trabalhos de geologia. Essas idéias apontavam para a ocorrência de processos evolutivos, em oposição ao fixismo. No entanto, a influência religiosa ainda se fazia muito presente, pois as tais novas idéias apontavam a influência divina no surgimento de espécies, isto é, eram criacionistas.

MARCELOS (2006) faz um interessante resumo histórico das idéias evolutivas. A autora aponta que, por exemplo, que:

... para Linnaeus, espécies seriam criadas por Deus segundo padrões que permitiriam agrupá-las por semelhanças. Recombinando características das espécies existentes, surgiriam novas espécies (MARCELOS, p. 50, 2006).

Por outro lado, materialistas negavam toda e qualquer influência divina no surgimento da Terra e das espécies. Nesse grupo encontravam-se Buffon<sup>7</sup>, para quem as espécies teriam surgido por geração espontânea, independente de sua complexidade, possuindo um “molde” interno. Ao migrarem para diferentes áreas elas sofreriam modificações (degenerações) sobre a influência das condições ambientais, dando origem às variações. Também eram defensores da não influência divina no surgimento das espécies os seguintes pensadores: Diderot<sup>8</sup> e o Barão d’Holbach<sup>9</sup>. No entanto, eles estavam mais interessados na teoria da geração espontânea do que em buscar explicações evolutivas.

---

<sup>6</sup> James Ussher ou simplesmente Usher nasceu em Dublin em 4 de janeiro de 1581 e faleceu em 21 de março de 1656. Foi arcebispo de Armagh. Escreveu seu livro *The Annals of the World* baseando-se na Bíblia.

<sup>7</sup> *Natural History, General and Particular*, 1791.

<sup>8</sup> *Philosophical Thoughts*, 1746.

<sup>9</sup> *The System of Nature*, 1770

MARCELOS (2006) indica o surgimento da ideia de que somente seres simples poderiam surgir por geração espontânea:

No final de século XVIII, aparecem os primeiros transmutacionistas, entre eles Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, ou cavaleiro de Lamarck. Os transmutacionistas aceitavam a geração espontânea, mas acreditavam que somente formas de vida mais simples surgiriam assim. Então, formularam postulados com a noção de que a evolução ocorreria para formar organismos cada vez mais complexos (MARCELOS, p. 50, 2006).

Sendo assim, Lamarck (1744-1829) defendia, na obra *Philosophie Zoologique* (1809), que seres simples surgiriam por geração espontânea e iam evoluindo, crescendo em complexidade de forma evolutiva linear. Dessa forma, uma espécie não se degeneraria dando origem a outras, mas se tornaria cada vez mais complexa.

Lamarck não afirmou que os seres vivos tinham descendido de ancestrais comuns, mas sim que as formas de vida inferiores surgem continuamente a partir da matéria inanimada por geração espontânea, e progredem inevitavelmente em direção a uma maior complexidade e perfeição, através de “poderes conferidos pelo supremo autor de todas as coisas” – isto é, por uma tendência inerente em direção à complexidade. Lamarck sustentou que o caminho particular da progressão é guiado pelo ambiente, e que um ambiente em mudança altera as necessidades do organismo, ao que o organismo responde mudando seu comportamento e, conseqüentemente, usando alguns órgãos mais que outros. Em outras palavras, uso e desuso alteram a morfologia que é transmitida para as gerações subsequentes. Essa teoria claramente se aplicaria mais aos animais que às plantas. (Futuyma, p. 4 1992).

Em 1859, Charles Robert Darwin lança o livro *A Origem das Espécies*, em que apresenta suas idéias evolutivas, fruto de quase cinco anos de observações de fauna e flora em viagem ao redor do mundo a bordo do navio Beagle. A publicação foi influenciada por amigos de Darwin e pelo trabalho do naturalista Alfred Russel Wallace (1823-1913) que tinha concebido, independentemente, idéias semelhantes. Darwin publicou então um “resumo” de seu grande livro em 24 de novembro de 1859, sob o título de *A Origem das Espécies por meio da Seleção Natural, ou a Preservação das Raças Favorecidas na luta pela Vida* – livro esse que se esgotou no primeiro dia.

Para Meyer & El Hani (2005), *A Origem das Espécies* apresenta dois aspectos muito importantes.

A importância desse livro decorre de dois aspectos principais. Primeiro, Darwin argumentou que a transformação das espécies ocorria de um modo muito diferente daquele proposto por Buffon, Lamarck e outros revolucionários. Uma das grandes inovações introduzidas por Darwin foi a idéia de que a evolução não é um processo linear, mas um processo de divergência a partir de ancestrais comuns.

... A segunda idéia central do trabalho de Darwin é uma teoria sobre o processo que causa as mudanças evolutivas, que foi descoberta independentemente por Wallace. Esse processo se chama seleção natural. (MEYER & EL-HANI, 2005; p.24-25)

O livro *A Origem das Espécies* foi recebido com controvérsias, sendo aplaudido por uns e execrado por outros. O mesmo apresentava-se como um forte golpe na influência religiosa sobre idéias evolutivas, uma vez que não indicava a criação como parte do processo natural de surgimento de seres vivos. Assim, Darwin foi considerado o inimigo público número **um** da Inglaterra.

Porém, publicar suas idéias não foi um ato fácil para Darwin, devido à sua formação religiosa e, principalmente, por temer o impacto da publicação.

Membro ortodoxo da Igreja Anglicana durante a viagem a bordo do Beagle, Darwin aparentemente não aceitou a noção de evolução até março de 1837, quando o ornitólogo John Gould lhe indicou que seus espécimes de tordos-dos-remédios (e não tentilhões) das ilhas de Galápagos eram tão distintos de uma ilha para outra que chegavam a representar espécies diferentes (Futuyma, p. 5 1992).

Darwin não estava preocupado não somente em agrupar evidências de evolução, mas também em conceber um mecanismo que pudesse explicá-las. Por isso mesmo que suas primeiras concepções sobre a seleção natural começaram quando Darwin analisou os ensaios de Malthus sobre população, avaliando assim que a luta pela vida iria permitir que as variações favoráveis tenderiam a ser preservadas e as desfavoráveis, destruídas (Futuyma, 1992).

Ainda de acordo com Futuyma, talvez por medo da hostilidade que as especulações de Lamarck tinham encontrado, Darwin se ocupou em acumular evidências sobre evoluções para depois publicar o livro.

De acordo com Futuyma (1992) *A Origem das Espécies* propõe duas teses enunciadas como: todos os organismos descendem com modificações a partir de ancestrais comuns, e que o principal agente de modificação é a ação da seleção natural sobre a variação individual.

Darwin concebeu a mudança evolutiva como um acontecimento dividido em passos pequenos, infinitesimais. Ele os chamou de 'gradações imperceptíveis' que, se extrapoladas a longos períodos de tempo, resultariam em mudanças radicais de forma e função. Há uma montanha de evidências para essas pequenas mudanças, chamadas de microevolução - a evolução da resistência a antibióticos, por exemplo, é apenas um de muitos casos documentados.

No final do século XIX, o termo neodarwinismo foi dado por George John Romanes<sup>10</sup> para referir-se a teoria de evolução escolhida por Alfred Russel Wallace e Weismann frente a Darwin, que admitiu uma pluralidade de mecanismos evolutivos e dessa forma se enfrentava aos neolamarckistas, que defendiam o uso e desuso de partes como um motor de mudança.

Não deve ser surpreendente que tenha sido o estudo da origem do homem uma área de atividade febril em busca de provas de vida evolutiva, nas mudanças nos registros fósseis de homínidos e outros vestígios do homem na terra. Darwin não tinha conhecimento de genes ou DNA; no entanto, partiu do princípio de que nenhuma existência iria produzir outro como a si mesmo, uma vez que o processo de reprodução gera vida semelhante com pequenas variações. Cada ser vivo dá origem a uma linhagem descendente. Discursou que a seleção natural é o estilo de vida preferencial para sobreviver e se reproduzir. Considerou que o processo era quase automático, sem aparente intervenção externa mágica, ou mistério, e permitia que uma população gera-se formas de vida semelhante com propriedades ligeiramente diferentes e ao mesmo tempo, para continuar a evoluir para torná-los indivíduos mais eficientes na sobrevivência e na reprodução. Por outro lado e, reciprocamente, as mudanças ambientais afetam as populações afetando-se entre elas. Estes conceitos são a essência da seleção natural de populações. A ciência atual aceita que a evolução por seleção natural, segue em linhas gerais a descrição proposta pelo autor (Garcia-Procel, 2009).

Ainda de acordo com Garcia-Procel (2009), nesses anos a evolução foi aceita pela comunidade científica e o público em geral e, contraditoriamente, a idéia de seleção natural como uma explicação preliminar do processo foi

---

<sup>10</sup> Biólogo e psicólogo britânico nascido em Kingston, Ontário, no ano de 1848. Defensor das teorias de Charles Darwin, aplicando-as a psicologia. Educado na escola presbiteriana, formou-se em biologia no Trinity College em Cambridge, onde estudou com o *Dr. Michael Foster* (1870), e passou a trabalhar no Physiological Laboratory da University College sob a direção do *Professor Burdon Sanderson*. No Laboratory, em Oxford, adquiriu especial interesse por fisiologia, e conheceu (1874) **Charles Darwin**, durante uma visita a Londres. Foi eleito *Fellow* da Royal Society (1879). Fundou a *Romanes Chair of Biology*, da Oxford University, e escreveu *Animal Intelligence* o método anedótico de estudo do comportamento dos animais (1882) e *Mental Evolution in Animals, Mental Evolution in Man e Darwin and After Darwin*. Morreu em Oxford e foi enterrado no Holywell Cemetery, Oxford em 1894. Fonte: <http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/GeoreJhn.html>

negada. O processo inteiro foi admitido na década de 1930.

Kutschera e Niklas (2004) informam que conhecimentos de áreas como a genética, a sistemática e a paleontologia foram acrescentados as idéias de Darwin, constituindo a atual Teoria Sintética da Evolução.

Mais recentemente, em 1972, os evolucionistas Stephen Jay Goul e Niles Eldredge propõem a teoria do “Equilíbrio Pontuado” em oposição ao gradualismo darwinista. Segundo essa teoria, a evolução de uma espécie não ocorre de forma constante, mas alternada por longos períodos de mudanças pontuados por mudanças súbitas, em saltos, que são selecionadas. Isso explicaria a falta de fósseis de espécies intermediárias, explicadas pelos darwinistas como falhas de registro. No entanto, o Equilíbrio Pontuado é muito contestado por evolucionistas que seguem a tendência tradicional darwinista.

Mesmo passados mais de 150 anos do lançamento de *A Origem das Espécies*, por ser assunto controverso, ainda hoje teimam em surgir idéias que se opõem a Darwin por questões religiosas, como o *Design Inteligente*<sup>11</sup> nos EUA. Apesar disso, a descoberta de Darwin é a essência da ordem biológica.

### **3.2- A Teoria Evolutiva de Lamarck**

Para Lamarck, formas simples de vida surgiam por geração espontânea e progrediam para estágios de maior complexidade, guiadas pelo ambiente. Assim, se o ambiente sofria modificações, os seres vivos se adaptavam modificando-se também.

Dessa forma, algumas partes do corpo ou órgãos poderiam ser mais usados na tentativa do ser em se adaptar, enquanto outros eram menos usados. Esse uso fazia com que essas partes e/ou órgãos se desenvolvessem, enquanto os demais, pouco usados, se atrofiavam. Essa lei ficou conhecida como “Lei do Uso e Desuso”. Tais modificações eram passadas para as gerações seguintes e perpetuadas, sendo tal lei chamada de “Herança dos

---

<sup>11</sup> Projeto inteligente ou design inteligente é a tradução do termo inglês *intelligent design*, corrente de pensamento que busca contestar as ideias evolucionistas em relação ao surgimento da vida na Terra e à seleção natural.

A base do ideal dessa corrente “científica” é a afirmação de que a diversidade biológica não se deu evolutivamente, mas sim por interferência ou condução de uma inteligência superior, não reportando essa ação a Deus ou a seres extraterrestres.

Fonte: <http://www.brasilescola.com/biologia/design-inteligente.htm>. Acesso em 12/11/12.

Caracteres Adquiridos”.

Como exemplo, pode ser citada a clássica explicação lamarckista para a existência de girafas de pescoço longo. Girafas de pescoço longo e girafas de pescoço curto habitavam o planeta Terra em tempos remotos. No entanto, hoje não existem mais girafas de pescoço curto. De acordo com as idéias lamarckistas, as girafas de pescoço curto esticavam seus pescoços para comer folhas em partes altas de árvores. Tal fato levava a um crescimento do pescoço (Lei de Uso e Desuso), sendo que essa característica era repassada aos descendentes (Lei da Herança dos Caracteres Adquiridos) até que todas as girafas passaram a nascer de pescoço longo.

Na época de sua formulação e divulgação, as idéias de Lamarck sofreram rejeições, não pelo conteúdo evolucionista, mas por questões religiosas que se opunham ao pensamento evolutivo. Posteriormente, a Lei de Uso e Desuso e a Herança de Caracteres Adquiridos foram contestadas, uma vez que a vida diária não as corroborava. Um exemplo disso é o fato de uma pessoa que pratica musculação não transmitir aos descendentes músculos mais desenvolvidos.

Apesar de não ter sido o primeiro a difundir ideias evolucionistas, Lamarck merece respeito como o primeiro naturalista que destemidamente tentou apresentar um mecanismo para explicar a evolução. No entanto, atualmente Lamarck é injusta e infelizmente mais lembrado como alguém que formulou uma teoria evolutiva repleta de erros, uma vez que suas idéias foram posteriormente refutadas. A herança das características adquiridas, da qual sua teoria dependia, não era, entretanto, original. Era uma crença geral que o próprio Darwin incorporou em *A Origem das Espécies*.

### **3.3 - A Teoria Evolutiva de Darwin**

Para Darwin, todos os organismos descendem, com modificações, de ancestrais comuns e o principal agente modificador é a ação da seleção natural sobre a variabilidade dos organismos.

Assim, estudos fósseis, distribuição geográfica de seres vivos, anatomia e embriologia comparada, modificações em seres domesticados serviram de

argumentos para defender a ideia de que as modificações ocorriam. Darwin admitia que os organismos de uma mesma população não são idênticos, apresentando variações que os tornavam mais ou menos adaptados ao meio. Os seres mais adaptados ao ambiente teriam maior chance de sobrevivência, deixando maior número de descendentes. O contrário ocorreria com os seres menos adaptados.

Na natureza, os recursos são limitados. Não havendo recursos para todos, os mais adaptados, isto é, aqueles com características mais vantajosas para as condições do meio, tendem a vencer os menos adaptados em disputas pelos mesmos (Luta Pela Sobrevivência).

Como exemplo, volta-se ao caso das girafas de pescoço curto e girafas de pescoço longo. A explicação darwinista consiste em que as girafas de pescoço longo estavam mais bem adaptadas ao ambiente, pois podiam se alimentar de folhas nas partes baixa e alta das árvores, enquanto as girafas de pescoço curto eram menos adaptadas por comerem somente as folhas baixas. Assim, devido à maior oferta de alimento, girafas de pescoço longo tenderiam a viver mais tempo e, portanto, deixar maior número de descendentes que também tinham pescoço longo. Dessa forma, as girafas de pescoço curto acabaram por se extinguir.

Tal como Lamarck, Darwin não conseguiu explicar de forma satisfatória a origem das variabilidades na população e como as características eram transmitidas de geração em geração, fatos somente elucidados com o surgimento, divulgação e posterior entendimento da genética mendeliana.

### **3.4 - A Resistência Bacteriana sob a Ótica das Teorias Evolutivas de Lamarck e Darwin**

Dentro os vários assuntos abordados pela evolução biológica, faz-se necessária uma visão crítica sobre a resistência das bactérias aos antimicrobianos. Segundo Mota, Silva, Porto e Silva (2005), a resistência aos antibióticos é um sério problema do ponto de vista clínico e de saúde pública, devido ao tratamento dos animais tornarem seus produtos e derivados fonte para resistência bacteriana na espécie humana. A origem da resistência pode ser genética ou não. Independente de qual seja a forma de maior importância neste processo, o fato é que o número de novas bactérias resistentes

e patogênicas para os animais e humanos cresce mais rápido do que a capacidade dos laboratórios e indústrias produzirem novas drogas.

O descobrimento dos antibióticos foi um grande avanço para a aplicação terapêutica tanto na medicina humana quanto na veterinária. Eles são importantes na redução da morbidade e mortalidade de doenças infecciosas.

A antibioticoterapia é usualmente utilizada como primeira opção no tratamento de diversas enfermidades na medicina veterinária e humana. Atualmente, uma variedade de drogas com princípios ativos diferentes são encontrados no mercado, tornando-se muito importante a avaliação da eficácia desses medicamentos frente aos microrganismos causadores destas enfermidades.

O aparecimento de resistência a antibióticos e outras drogas antimicrobianas foi, e provavelmente continuará a ser um dos grandes problemas da medicina, pois é causada pela mutação espontânea e recombinação de genes, que criam variabilidade genética sobre a qual atua a seleção natural dando vantagens aos mais aptos. As drogas atuam como agentes seletivos.

O termo resistente se refere a aqueles microrganismos que não se inibem pelas concentrações habitualmente alcançadas no sangue ou tecidos do correspondente antimicrobiano, ou aqueles que apresentam mecanismos de resistência específicos para o agente estudado ao qual não havia uma adequada resposta clínica quando usado como tratamento (Mota, Silva, Porto, Silva, p.2, 2005).

De acordo com os pressupostos da evolutiva teoria de Lamarck, o aparecimento dessas “superbactérias” pode ser explicado como sendo em resposta a uma necessidade de se adaptar para não ser morta pelo antibiótico. Assim, os antibacterianos influenciariam o surgimento de características que permitiriam a sobrevivência perante a presença do antibiótico. Dessa maneira, as bactérias se adaptariam ao meio meramente pela indução do antibiótico.

Para Meyer e El-Hani (2005), há vários mecanismos de sobrevivência das bactérias quando se trata de antimicrobianos, garantindo sua resistência: em alguns casos, as bactérias possuem mecanismos para inativar o antibiótico; em outros, elas são capazes de “bombeá-lo” para o exterior da célula, protegendo-se. Essas bactérias resistentes ou “superbactérias”, causadoras das “infecções hospitalares”, são frutos de uma seleção natural.

Nesse caso, a seleção tem origem em uma ação do homem. Nós usamos antibióticos e persistem as bactérias que possuem características genéticas que lhes permitem resistir, substituindo nas populações bacterianas aquelas que não são resistentes. Com o tempo, a população de bactéria como um todo se torna resistente. É por essa razão que o uso indiscriminado de antibióticos representa uma ameaça tão grave a saúde pública: sempre que usados, antibióticos podem selecionar bactérias resistentes. Se forem usados desnecessariamente, eles não estarão trazendo nenhum benefício,

mas estarão selecionando as bactérias resistentes do indivíduo que está tomando antibiótico. Assim, supondo que esse indivíduo venha a sofrer uma infecção séria, que realmente requeira o uso de antibióticos, ele terá maiores chances de estar carregando bactérias resistentes. O surgimento de populações de bactérias resistentes aos antibióticos é um processo movido pela seleção natural, na qual os agentes seletivos são os antibióticos (Meyer e El-Hani, p. 53, 2005).

Para Darwin, o surgimento das “superbactérias” é um mérito fruto da seleção natural, sendo que as bactérias que já possuem características que seriam selecionadas pelos antibióticos.

Levando em consideração as teorias do neodarwinismo, para Mota, Silva, Porto, Silva (2005), a resistência aparece porque o genoma bacteriano é extremamente dinâmico, embora pequeno.

Em geral, as atividades essenciais de uma bactéria são codificadas por um só cromossomo, e as não-essenciais, como a defesa contra drogas e a transferência gênica, que levam à recombinação, são codificadas por elementos móveis (plasmídios, transposons e integrons), que não fazem parte do cromossomo. A resistência cromossômica surge por mutação espontânea, que pode ser a simples troca de um nucleotídeo, desde que não torne a bactéria inviável. A bactéria pode adquirir, após a mutação, resistência cromossômica pela alteração ou superprodução do alvo, mas também, por mudanças na síntese de proteínas ligadas à permeabilidade do seu envoltório, alterando a entrada e o acúmulo da droga dentro da célula, dificultando o encontro droga-alvo. O principal mecanismo de uma bactéria sensível, numa população, tornar-se resistente é através da mutação cromossômica. Outro tipo de resistência pode ser transferida de uma bactéria resistente para uma sensível por contato. Esta resistência é referida com transferível, transmissível, ou infectível. A resistência transferível por organismo da mesma espécie e entre espécies diferentes. Esta transmissão é realizada através de elementos genéticos extracromossomais denominados plasmídeos (Mota, Silva, Porto, Silva, p.3 2005).

Como já explicado por Mayer e El-Hani (2005), desde a década de 1940 o uso de antibióticos permitiu que fossem controladas doenças de origem bacteriana consideradas grandes mazelas da humanidade, como a meningite e a tuberculose. Entretanto, esse quadro está mudando. Hoje, segundo os mesmos autores, há diversos países em que mais da metade das culturas bacterianas retiradas de pacientes é resistente a antibióticos.

Assim, várias questões emergem, sendo o alicerce para o desenvolvimento desse trabalho. Na bibliografia de Mayer e El-Hani, uma questão é sugerida: de onde surgiu essa resistência e o que se pode fazer para evitar que ela nos leve a perder uma das mais valiosas contribuições da

ciência para a humanidade? Novamente, essas são questões não podem ser respondidas sem que se pense de maneira evolutiva.

O aparecimento de resistência a antibióticos e outras drogas antimicrobianas foi, é e provavelmente continuará a ser um dos grandes problemas da medicina, pois é causada pela mutação espontânea e recombinação de genes, que criam variabilidade genética sobre a qual atua a seleção natural dando vantagens aos mais aptos. As drogas atuam como agentes seletivos. Portanto, as respostas dessas e outras considerações poderão ser encontradas ao longo do trabalho, mas uma já fica evidente: ciência e as questões do cotidiano podem fazer parte do mesmo quadro.

## **CAPÍTULO 4- METODOLOGIA DA PESQUISA**

### **4.1- Considerações Sobre a Pesquisa**

Esse trabalho consiste em uma pesquisa qualitativa com posterior análise quantitativa dos dados sempre que necessário.

O objetivo geral é contribuir para o ensino de ciências por investigação por meio de pesquisa sobre ensino e aprendizagem de teorias evolutivas. O objetivo específico é verificar, por meio de questionário, discussões e grupo focal, as relações estabelecidas por alunos de ensino médio entre a resistência bacteriana e as teorias evolutivas de Lamarck e Darwin.

Orientaram o trabalho as seguintes questões de pesquisa:

1- Que aspectos devem ser observados no ensino e na aprendizagem de Evolução?

2- Quais são as semelhanças e diferenças entre as teorias evolutivas de Darwin e Lamarck?

3- Como as teorias de Darwin e Lamarck explicariam a resistência bacteriana?

4- Que concepções alunos de ensino médio trazem sobre resistência bacteriana?

5- Como alunos do Ensino Médio interpretam a resistência bacteriana após estudarem as teorias evolutivas de Darwin e de Lamarck?

Essa pesquisa se constituiu em duas etapas:

Etapa 1: pesquisa bibliográfica, abordando publicações sobre ensino e aprendizagem de Evolução, bem como história do pensamento evolutivo com ênfase nas teorias de Lamarck e Darwin, aspectos sobre resistência bacteriana. Constituíram referenciais teóricos artigos publicados na internet, documentos oficiais do Ministério da Educação, assim como livros didáticos de Biologia.

Etapa 2: trabalho empírico

Ocorreu em uma turma de 1º ano de Ensino Médio de escola particular localizada na cidade de Itaúna, tendo os alunos como sujeitos da pesquisa. A escolha dessa escola para realização da etapa empírica se deu por que:

- O professor de biologia, autor desse TCC ao qual, de agora em diante será chamado de “professor/pesquisador”, integra o corpo docente da instituição há mais de 4 anos.

- A direção e os coordenadores apoiavam a iniciativa da pesquisa por reconhecer a importância da mesma.

- A escola tem o hábito de promover ações extracurriculares.

A opção pela realização da pesquisa no segundo semestre escolar se deu por que de acordo com o cronograma da escola, os estudos das teorias evolucionistas se dão nessa etapa.

A escolha da turma ocorreu pelos seguintes fatores:

- Miscigenação da turma. Alunos com vários perfis, sendo assim uma possibilidade maior de respostas.

- Identificação do professor/pesquisador com a turma, principalmente de relacionamento.

- Turma questionadora.

O trabalho empírico ocorreu em quatro fases:

Fase 1: exposição das teorias evolutivas de Lamarck e Darwin

Fase 2: coleta de dados por meio de questionário (Apêndice 1) aos alunos.

Fase 3: discussões sobre resistência bacteriana e teorias de Lamarck e Darwin. O professor/pesquisador questiona oralmente como Darwin e Lamarck explicariam a resistência bacteriana.

Fase 4: realização de grupo focal como o objetivo de elucidar dúvidas advindas com a tabulação de dados do questionário, bem como propiciar um momento em que os alunos pudessem expor suas visões sobre o tema “resistência bacteriana e teorias de Lamarck e Darwin”.

A fase 1 teve por objetivo fornecer subsídios para que os alunos pudessem, posteriormente, estabelecer relações entre as teorias evolutivas de Lamarck e Darwin com a questão da resistência bacteriana. Constou de 6 aulas teóricas ministradas pelo professor/pesquisador, abordando os temas Evolução Lamarckista e Evolução darwinista. Nessa fase, foram observadas as reações dos alunos diante as duas teorias.

Na fase 2, a fim de não influenciar nas respostas, o questionário foi aplicado antes das discussões sobre resistência bacteriana, e isso permitiu um breve diagnóstico sobre o assunto.

O objetivo do instrumento foi levantar o perfil dos sujeitos da pesquisa e verificar se os alunos explicavam a resistência bacteriana sob a ótica da teoria de Lamarck ou da teoria de Darwin. Dessa forma, o questionário estava estruturado em três partes, sendo:

- Parte 1: Buscou levantar o perfil dos respondentes. Estava constituída por uma questão aberta sobre a idade dos participantes e 5 questões de múltipla escolha, sendo 4 com escala Likert.

- Parte 2: Buscou verificar a percepção dos alunos quanto à resistência bacteriana. Estava constituída por 3 questões, sendo uma de múltipla escolha com escala Likert e as demais discursivas.

Na fase 4, grupo focal, as seguintes questões orientaram a coleta de dados:

- 1 - O estudo das Teorias Evolutivas mudou a forma de vocês verem alguns fatos?
- 2 - Literalmente, o que é Evolução?
- 3 - Se ocorre um melhoramento, então os seres mais complexos seriam os mais evoluídos? E as bactérias então?

4 - Como vocês vêem agora a questão sobre resistência bacteriana aos antibióticos?

5 - O antibiótico causou a resistência, ou seja, as bactérias em contato com antibiótico se tornaram resistentes?

6 - Depois que vimos as Teorias Evolucionistas de Lamarck e Darwin e também sobre reprodução bacteriana, isso ajudou no entendimento do surgimento das “superbactérias”?

Vale ressaltar que a coleta de dados foi precedida por assinatura de termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 2), obedecendo aos preceitos éticos em pesquisa com seres humanos.

#### **4.2- Apresentação dos Resultados**

Os dados coletados nos questionários foram tabulados e apresentados em forma de gráficos e quadros. Já os dados coletados no grupo focal foram agrupados por semelhança e comentados, dando origem a um quadro. Na apresentação e discussão dos resultados, foram estabelecidas relações com o referencial teórico consultado na etapa 1.

Os resultados da etapa 1 – pesquisa bibliográfica – encontram-se apresentados nos capítulos 2 e 3 dessa monografia. Já os resultados da etapa 2 – pesquisa empírica - são apresentados no capítulo 5 de resultados, análises e discussões.

## **CAPITULO 5 – RESULTADOS, ANÁLISES E DISCUSSÕES**

### **5.1 - Recepção da Proposta de Pesquisa Pelos Alunos**

Desde o início da pesquisa, o interesse dos alunos pela realização de uma pesquisa sobre evolução se mostrou satisfatório. Muitos comentaram que gostariam de expor suas idéias e de participar do projeto. Talvez pela importância do assunto evolução dentro da ciência e da formação do aluno, o interesse deles foi um fator motivador para esse pesquisador.

A idéia de poder entender como surgem as bactérias resistentes aos antibióticos e como as teorias evolucionistas elucidam tais questionamentos, foi de fato o propulsor para esse interesse da grande maioria da classe. Desde o começo, só o fato das teorias evolucionistas irem em contrapartida a algumas questões religiosas motivou os alunos a participarem. O fato de grande parte dos alunos quererem entender as teorias evolucionistas corrobora idéias de Jacob (1980).

Talvez o interesse dos alunos pela execução da pesquisa tenha sido motivado pelo fato de as teorias evolutivas terem um papel de explicar problemas da ciência investigativa a fim de que seus conhecimentos sejam infundados em fatos, observações e análises minuciosas. A importância

também é colocada pelos Parâmetros e Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM (2000).

## **5.2 - Fase 1 – Exposição das Teorias Evolutivas de Lamarck e Darwin**

Durante o processo de introdução do conteúdo evolução biológica, as primeiras dúvidas eram pouco frequentes. A falta de questionamento poderia ser um diagnóstico de falta de conhecimento prévio sobre a evolução biológica. Possivelmente essa falta de indagação possa ser reflexo do ensino de evolução nas escolas brasileiras, relegada ao último momento do último ano do ensino médio, como apontaram Tidon e Vieira (2009) no referencial teórico.

Essa limitação argumentativa apresentada pelos alunos durante a exposição das teorias de Lamarck e Darwin também foi vivenciada por Bizzo e El-Hani (2009), para quem, características comuns são encontradas no ensino de evolução em lugares distintos no mundo. Entre essas características, o fato de estudantes apresentarem conhecimento evolutivo bastante restrito, bem como a argumentação de que um enfoque histórico seria necessário para permitir o desenvolvimento de um real entendimento da teoria evolucionista.

Diante desses fatos e dificuldades emergidas pelos alunos, o professor/pesquisador fomentou questões que poderiam sanar suas dificuldades, intervindo quando necessário, mas procurando sempre ser imparcial deixando que eles pudessem construir seus próprios conceitos.

Na tentativa de solucionar essas dificuldades, foi lançada uma série de situações relacionadas às adaptações dos seres vivos para que os alunos explicassem de acordo com as idéias de Lamarck e, em outro momento, com as idéias de Darwin. Muitos alunos conseguiram perceber que as idéias de Darwin eram mais coerentes em relação às de Lamarck, contudo, na hora de explicarem o porquê das diferenças, eram nítidas as visões lamarckistas contaminando suas teorias darwinistas. Essas contaminações sejam frutos de ensinamentos ou comentários vistos por eles de forma equivocada.

Possivelmente o problema apresentado no “aprender”, esteja mais infundado no “ensinar”, ou seja, alunos apresentam idéias contaminadas por visões lamarckistas dentro do contexto darwinista, porque aprenderam dessa forma. Isso foi percebido por Tidon e Lewontin (2004), que constaram que boa

parte dos professores considera “mais fácil” distinguir os temas que envolvem as teorias de Darwin e Lamarck, mas apresentam idéias lamarckistas já refutadas para explicar a evolução da vida.

Foi então apresentado o tema resistência bacteriana aos antibióticos. Nessa fase, os alunos foram questionados se já tinham ouvido falar sobre o tema, se sim, onde e como. Esse ponto do trabalho tinha como prioridade analisar de forma informal os conhecimentos dos alunos referentes somente a resistência bacteriana aos antimicrobianos.

O professor/pesquisador explicou a importância de se entender sobre resistência bacteriana, principalmente do ponto de vista epistemológico, do cotidiano, mas também sobre os problemas na saúde pública causadas por essas bactérias. Esse ponto também é visualizado por Mota, Silva, Porto e Silva (2005).

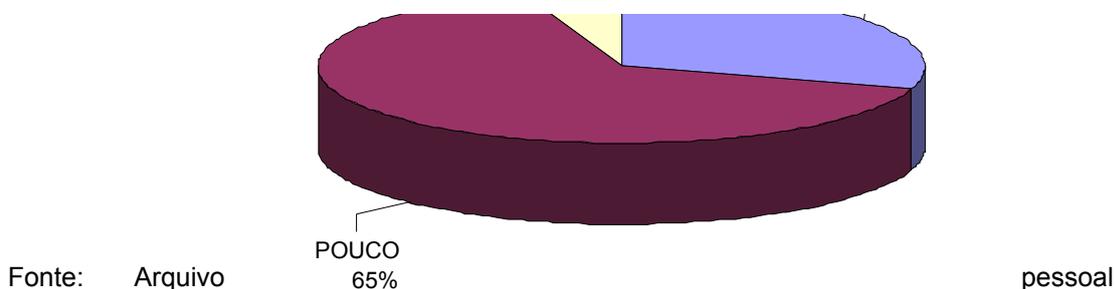
### 5.3 - Fase 2 – Coleta de Dados Por Meio de Questionário

O questionário foi aplicado para 35 alunos e teve como objetivo principal verificar a percepção e a avaliação dos alunos sobre as fases anteriores.

#### A- Parte 1 – Perfil dos Alunos Participantes

Constatou-se que os sujeitos encontravam-se na faixa etária de 14 a 17 anos de idade. Quanto ao hábito de estudo de Evolução, observa-se:

#### Gráfico 1 – Respostas dos sujeitos entrevistados à questão 1: Você tem o hábito de, em casa, estudar o conteúdo Evolução?

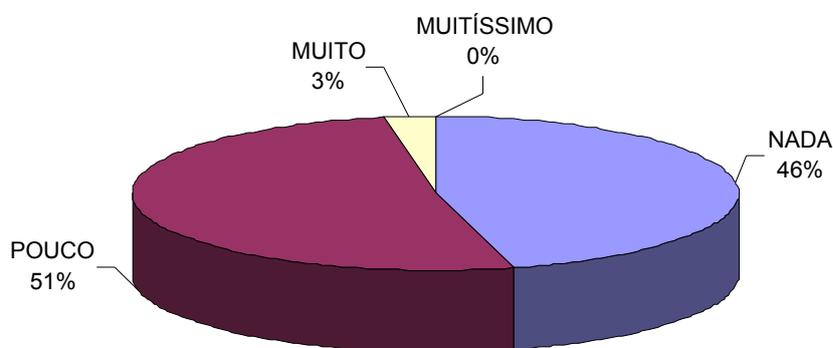


A grande maioria dos alunos não tem o hábito de, em casa, estudar o conteúdo evolução. Talvez tal percepção seja em decorrência de como o conteúdo evolução é trabalhado e colocado nos currículos escolares.

Baseando nisso, para Tidon e Vieira (2009), a evolução deveria receber atenção especial em sala de aula. Na prática, porém, os aspectos citados nem sempre são contemplados. Sendo assim, um conteúdo da biologia que deveria despertar o interesse do aluno, acaba por não acontecer.

A questão nº 2 procurou verificar se alunos buscam fontes de informações sobre o tema Evolução fora do ambiente escolar. O gráfico 2, a seguir, aponta as respostas obtidas.

**Gráfico 2 – Resposta dos sujeitos entrevistados à questão 2: Você busca informações sobre o conteúdo Evolução em sites, jornais e/ou revistas?**



Fonte: Arquivo pessoal

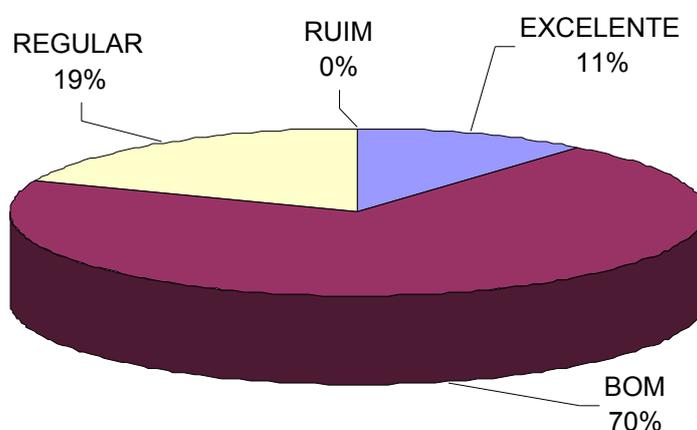
Novamente, o gráfico mostra o desinteresse pelo conteúdo evolução. Esse ponto pode ser analisado partindo da premissa de que a falta de interesse se deva à falta de conhecimentos básicos sobre o tema.

Para Bizzo e El-Hani, um planejamento curricular que situe a evolução na última parcela da biologia do ensino médio pode levar a resultados pífios, ou seja, é notável a existência de dificuldades vivenciadas pelos alunos em aprender as teorias evolucionistas, inclusive no Brasil. A evolução, por ser tratada ao final dos anos letivos, acabaria por prejudicar sua compreensão.

Sendo assim, o descaso que o ensino de Evolução é por muitas vezes tratado, reflete diretamente no interesse do aluno por tal conteúdo. Pode ser lembrado que Meyer e El-Hani (2005), que dizem que, não é apropriado tratar a evolução como somente mais um conteúdo a ser ensinado, lado a lado com quaisquer outros conteúdos abordados nas aulas de Biologia.

Os resultados do gráfico 3 indicam como os alunos avaliam seu desempenho em Biologia.

**Gráfico 3 - Resposta dos sujeitos entrevistados à questão 3: Como você avalia seu desempenho no aprendizado de Biologia?**

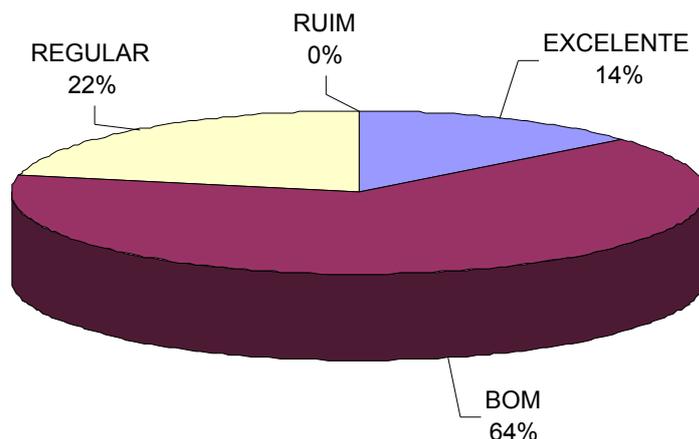


Fonte: Arquivo pessoal

A maior parte dos alunos avaliou que seu desempenho em Biologia é bom. Dessa forma, sendo o conteúdo Evolução o eixo da Biologia, espera-se que esse bom desempenho venha ancorado a uma compreensão dos mecanismos evolutivos e das teorias de Lamarck e Darwin.

A pergunta número 4 busca verificar como os alunos avaliam seu desempenho no aprendizado do conteúdo Evolução. O gráfico 4, a seguir, traz as respostas obtidas.

**Gráfico 4 – Resposta dos sujeitos entrevistados à questão 4: Como você avalia seu desempenho no aprendizado de Evolução?**

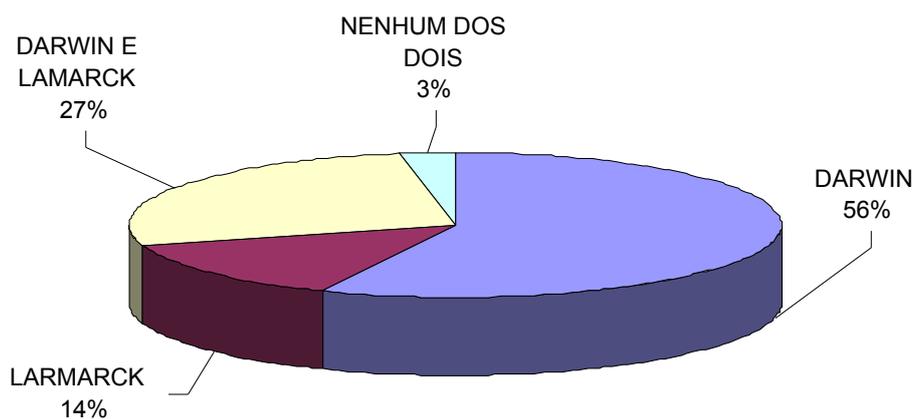


Fonte: Arquivo pessoal

Os alunos responderam de forma satisfatória que possuem um bom desempenho no aprendizado de Evolução. Esses dados confrontam com Bizzo e El-Hani que encontraram dificuldades na compreensão do conteúdo evolução, sendo que essas não devem limitar-se à destreza e aos conhecimentos do professor ou às habilidades cognitivas do aluno.

Na questão número 5, é questionado com qual teoria o respondente mais se identifica: Lamarck ou Darwin. O gráfico 5 indica as respostas obtidas.

**Gráfico 5 – Resposta dos sujeitos entrevistados à questão 5: Você se identifica com as idéias evolutivas de:**



Fonte: Arquivo pessoal

Observa-se que a maioria diz se identificar com Darwin, seguido por aqueles que se identificam com ambos e, em terceiro lugar, pelos que preferem Lamarck. Poucos alunos disseram não se identificar com nenhum.

O fato de 27% dos alunos se identificarem com os dois cientistas, valor menor dos que se identificam com Darwin e maior do que aqueles que se identificam com Lamarck, pode indicar que os alunos percebam o valor científico das idéias de Darwin, porém sem desvalorizar o papel de Lamarck. Talvez possa também ser explicado pelo fato de as ideias de Lamarck serem consideradas de mais fácil entendimento. Seguindo essa linha, Tidon e Lewontin (2004) constaram que boa parte dos professores considera “mais fácil” distinguir os temas que envolvem as teorias de Darwin e Lamarck, mas apresentam idéias lamarckistas já refutadas para explicar a evolução da vida.

Sendo assim, os PCN admitem que as noções lamarckistas de mudança são intuitivamente sedutoras, e é dito que “serão destacadas explicações evolucionistas”. Oleques, Santos e Bôer (2011), analisaram que pesquisas relacionadas com a evolução biológica têm mostrado que este ensino não é satisfatório em várias partes do mundo e apontam para a necessidade de uma melhoria no processo de ensino e aprendizagem no contexto da evolução biológica.

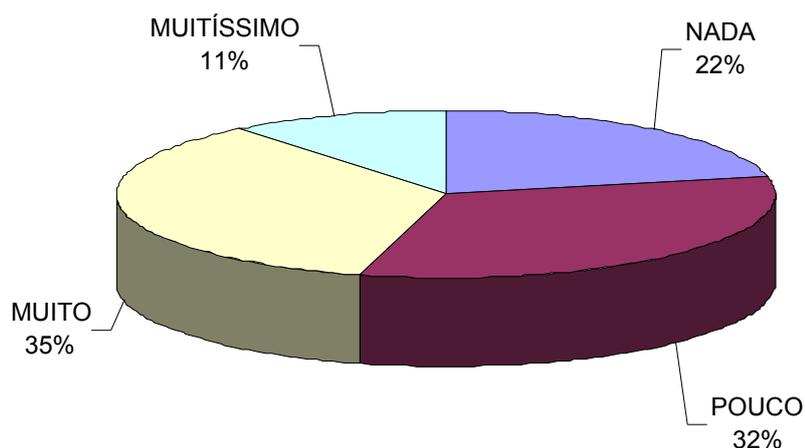
Dentro dessa mesma análise, o gráfico mostra que 3% alunos não se identificaram com nenhum dos dois. Apesar do número ser pequeno, mesmo assim, é de se levar em conta que para eles as teorias evolucionistas não fazem sentido. Esse pensamento possa estar dentro do que pensam Tidon e Vieira (2009), que no Brasil, o Ministério da Educação - MEC, ao final de 2008, reforçou sua posição no debate relativo ao ensino do criacionismo nas escolas do país: esse modelo não deve ser apresentado em aulas de ciências. Atualmente, o *Intelligent Design* – ID, isto é, Design Inteligente como é conhecido no Brasil, possui adeptos que buscam substituir, nas escolas estadunidenses, o ensino da teoria darwinista por essa corrente com claras influências religiosas.

## B- Parte 2: Percepção dos Alunos Quanto à Resistência Bacteriana

Na parte II, o questionário apresenta algumas questões que pretendiam estabelecer o nível de conhecimento e informações sobre resistência bacteriana.

A questão número 6 pergunta se o respondente já havia ouvido falar em resistência bacteriana. O gráfico 6 indica as respostas obtidas.

**Gráfico 6 – Resposta dos sujeitos entrevistados à questão 6: Você já ouviu falar sobre “resistência bacteriana a antibióticos”?**



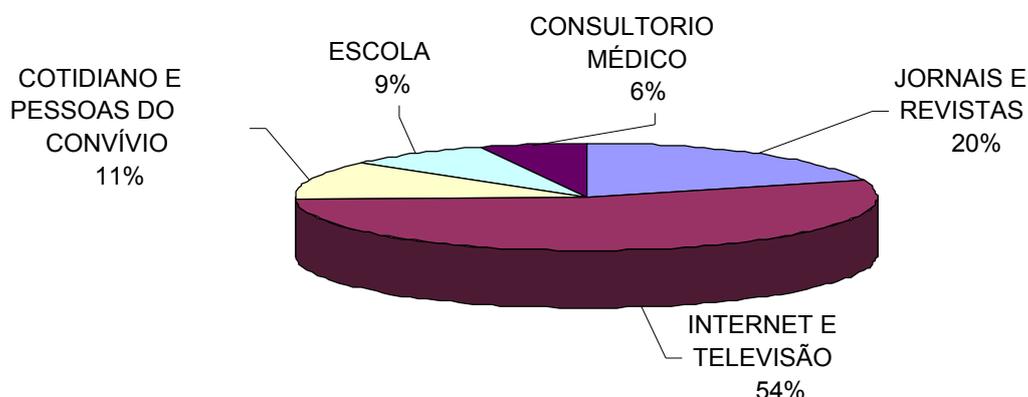
Fonte: Arquivo pessoal

Para esse gráfico, os alunos que respondessem “nada”, deveriam responder a questão 8 direto, e os demais responderiam a questão 7 com as letras a, b e c.

Como percebido, 78% dos alunos já ouviram falar sobre resistência bacteriana aos antibióticos, pelo menos em uma fase da vida. Tal pressuposto pode ser corroborado pela questão 7.

A questão 7, discursiva, apresentava três partes, identificadas como letras a, b, c, a serem respondidas. O gráfico 7, a seguir, apresenta as respostas da pergunta que se encontra na letra a da questão:

**Gráfico 7 – Respostas obtidas na letra “a” da questão 7 – Onde ouviu falar sobre resistência bacteriana aos antibióticos?**



Fonte: Arquivo pessoal

Esse gráfico indica que os respondentes obtiveram informações sobre resistência bacteriana em várias fontes. Apesar de as aulas sobre evolução terem contemplado o tema, somente 9% dos alunos responderam que obtiveram essas informações na escola, enquanto a maioria as obteve pela televisão ou internet. Igualmente, somente 6% obtiveram essas informações em consultórios médicos.

A letra “b” da questão 7, pergunta o que o respondente ouviu falar sobre resistência bacteriana. Nessa questão, as respostas dos alunos seguiram basicamente por três linhas cognitivas, sendo possível perceber visões Lamarckistas dentro de suas respostas. Tal pressuposto é corroborado nas seguintes respostas transcritas dos questionários:

- *As bactérias se adaptam aos antibióticos e este para de fazer o devido efeito, ou seja, o corpo se acostuma.*

- *As bactérias adquirem resistência devido ao uso errado dos antibióticos, ou o uso frequente do mesmo antibiótico.*

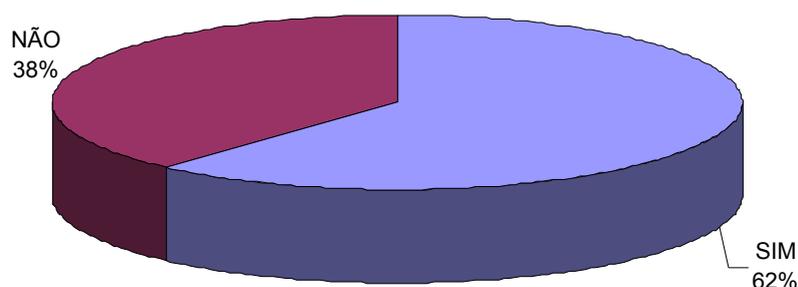
- *Os antibióticos deixam as bactérias mais resistentes.*

Percebe-se, nas respostas listadas acima, explicações relacionadas às idéias lamarckistas de adaptação ao meio, herança dos caracteres adquiridos, hoje superadas. Essas interpretações dos alunos contrariam as aulas ministradas pelo professor/pesquisador, cuja ênfase foi em expor as idéias de Lamarck e Darwin esclarecendo que Lamarck já foi refutado. Contrariam

também as respostas da questão 4, cujas respostas apontam que 78% dos alunos considera ter bom ou excelente aprendizado do conteúdo Evolução. Nota-se, ainda, que esses dados ainda são contrários aos obtidos na questão 5, que aponta a identificação de somente 14% dos alunos com Lamarck.

A letra “c” da questão 7, pergunta se o respondente concorda com as informações que obteve sobre resistência bacteriana apontadas na letra “b”. O gráfico 8, a seguir, traz as respostas obtidas.

**Gráfico 8: Respostas obtidas na letra “c” da questão 7 – Você concorda com essas informações? Justifique**



Arquivo pessoal

Como percebido pelo gráfico, a grande maioria dos alunos concordaram com que eles tinham ouvido falar sobre resistência bacteriana aos antibióticos.

Nos alunos que responderam “sim”, os discursos ficaram na mesma linha de raciocínio. Apesar de erradas, suas percepções sobre resistência bacteriana eram meras repetições do discurso visto ao longo da vida, com pouco fundo científico envolvido nesse entendimento. Podem ser citados os seguintes comentários:

- *Depois de um tempo, o antibiótico não faz efeito, com isso as bactérias vão sobrevivendo*
- *Já passei por isso, nenhum antibiótico conseguiu acabar com elas*
- *O ambiente apenas favoreceu na adaptação de certos indivíduos geneticamente diferentes*

Porém, um fato importante a ser citado é que, mesmo explicando de forma errada ou concordando com explicações erradas, os alunos tiveram boa percepção quanto a uma das causas do surgimento das “superbacterias”. Alguns citaram que as ações antrópicas, como a negligência ou uso errado dos antibióticos, podem colaborar para o surgimento dessas bactérias. Esse pensamento está em sintonia com Meyer e El-Hani (2005), para quem a seleção tem origem em uma ação do homem. Antibióticos são usados e persistem as bactérias que possuem características genéticas que lhes permitem resistir, substituindo nas populações bacterianas aquelas que não são resistentes. Seguem abaixo alguns desses discursos:

- *O antibiótico tomado com negligência pode atrapalhar a saúde, causando o surgimento de bactérias fortes*
- *A bactéria cria resistência se não tomar o remédio corretamente*
- *Muitas vezes a gente não toma o antibiótico do jeito que tem que ser*
- *De tanto automedicar, as bactérias começam a conhecer e inventar resistência que combatam o antibiótico.*

Nota-se que 38%, que não concordaram com as informações sobre resistência bacteriana aos antibióticos. Sugeriram que tal processo se deve a seleção natural exercida pelos medicamentos. Apontaram ainda que os antibióticos não causavam o surgimento dessas características, tendo o papel somente de selecioná-las. Essa idéia vai de acordo com o pensamento Meyer e El-Hani (2005), o surgimento de populações de bactérias resistentes aos antibióticos é um processo movido pela seleção natural, na qual os agentes seletivos são os antibióticos. Abaixo, podem ser observados alguns desses pensamentos transcritos sobre o que os alunos ouviram falar sobre o surgimento das superbacterias:

- *Esta idéia é de que o antibiótico força a bactéria a evoluir, mas eu acredito que o antibiótico seleciona as melhores bactérias.*
- *Os antibióticos selecionaram as bactérias que já possuíam uma resistência maior*
- *As bactérias só são selecionadas pelos antibióticos*
- *Uma bactéria não adquiriu resistência, ela já tinha*

- *As bactérias estão mais resistentes, porém, o motivo não seria o seu uso frequente, e sim o seu mau uso.*

- *Não acho que nosso organismo se acostume com os antibióticos*

A questão número 8, discursiva, traz a seguinte informação:

*O uso de um mesmo antibiótico para tratar repetidas infecções causadas por mesmos tipos de bactérias tem como consequência a ineficácia do tratamento.*

Logo depois, solicita:

*Responda detalhadamente: como você explicaria o fato de o antibiótico em questão não fazer mais efeito após algum tempo de seu tratamento?*

Podem-se separar as respostas dos alunos em três classes distintas.

A primeira classe de respostas é de alunos que responderam “nada” na questão 6 e por isso não responderam a questão 7. É visível que todos esses alunos tiveram visões Lamarckistas para responder o que foi sugerido e outros ainda nem souberam dar uma explicação plausível, simplesmente concordaram com a afirmação da questão

Novamente, isso mostra a importância de se ensinar as Teorias Evolucionistas e sua importância na construção do aluno.

A segunda classe de respostas é feita por aquelas dadas por alunos que responderam “sim” na questão 7(c), concordando com tudo que tinham ouvido falar sobre resistência bacteriana.

Nessa classe, podem ser notadas tentativas de explicar o que foi sugerido na questão 8, porém com visões ainda infundadas nas teorias de Lamarck. Alguns alunos responderam corretamente o processo seletivo feito pelos antibióticos, mesmo concordando com questões Lamarckistas quando colocadas para sua análise. Essa observação pode ser um diagnóstico de aprendizado inadequado, ou seja, sabem o que é correto, mas não conseguem perceber de imediato. Isso se torna complicado até mesmo para os professores, fato esse percebido por Oleques, Santos e Bôer (2011), onde enfatizam que, o processo ensino-aprendizagem da evolução biológica fica prejudicado, já que os professores não dominam adequadamente alguns conceitos evolutivos. Argumenta-se que é necessário um maior domínio do conhecimento histórico da teoria evolutiva e seus processos. Podem ser

percebidas as análises dos alunos abaixo:

*- De tanto que a pessoa se automedicou, as bactérias começam a desenvolver formas de combater os antibióticos, causando assim a ineficácia de alguns desses antibióticos.*

*- É como se as bactérias se desenvolvessem a ponto de adquirir resistência a determinados antibióticos ou doses do mesmo*

*- Pois a bactéria criou resistência, por isso não se deve deixar de tomar o antibiótico corretamente.*

*- Pois a bactéria se desenvolveu e se tornou apta para aquele determinado ambiente, não sofrendo mais a ação do antibiótico.*

*- As bactérias evoluem para sobreviver*

*- Porque a bactéria cria força contra tal antibiótico, assim, o antibiótico não faz o mesmo efeito.*

*- As bactérias estão adquirindo uma resistência ao antibiótico, por esse mesmo antibiótico estar sendo usado repetidas vezes.*

Na terceira classe de respostas, foram agrupados os alunos que discordaram da questão 7(c). Esses responderam de forma correta o mecanismo evolutivo em prol do surgimento das bactérias resistentes aos antibióticos. Eles conseguiram correlacionar o mau uso do antibiótico com o seu papel no processo seletivo. Outros ainda perceberam que as características selecionadas pelos antibióticos podem ser passadas ao longo das gerações bacterianas. Essa perspectiva corrobora com as idéias de Mota, Silva, Porto, Silva (2005) que enfatizam o principal mecanismo de uma bactéria sensível, numa população, tornar-se resistente é através da mutação cromossômica. Outro tipo de resistência pode ser transferida, por contato, de uma bactéria resistente para uma bactéria sensível. A seguir, as considerações dos alunos:

*- A partir do momento que você uso sempre este medicamento, o seu organismo seleciona essas bactérias.*

*- O antibiótico seleciona as melhores bactérias e não consegue matar estas.*

- O antibiótico selecionou as bactérias que já possuíam uma resistência maior ao uso de antibióticos, e estas passaram suas características para frente na sua reprodução.

- Li na internet que os antibióticos agiam com seletores artificiais.

- A bactéria já tinha a resistência, ela sobreviveu ao antibiótico e se reproduziu. A partir de certo tempo o antibiótico não fazia mais efeito.

- Ele (antibiótico) já selecionou as bactérias, deixando apenas aquelas que já não sofrem o efeito do medicamento.

O questionário permitiu visualizar que a princípio o tema Evolução, não fazia parte do cotidiano do aluno, ou que até mesmo despertava algum interesse. Outro ponto importante são as irrevogáveis visões Lamarckistas nas frases dos alunos.

A fim de corroborar com os dados coletados e discutidos neste estudo, a terceira fase, a seguir, finaliza com a análise do grupo focal realizado com os sujeitos das fases anteriores.

#### **5.4 - Fase 3 – Discussões Sobre Resistência Bacteriana e Teorias de Lamarck e Darwin**

Após a coleta e análises dos dados dos questionários, o professor/pesquisador sentiu a necessidade de retomar o assunto teorias de Lamarck e Darwin, agora enfocando a resistência bacteriana. A partir desse momento, o professor/pesquisador questionou os alunos como as teorias evolucionistas poderiam explicar o surgimento de tais bactérias. Como era de se esperar, houve muita conversa paralela, porém pode perceber três linhas de respostas, sendo que grande parte dos alunos se mostraram prontamente a responder como poderiam surgir as bactérias resistentes aos antibióticos.

Na primeira linha os alunos indicaram respostas bastante satisfatórias, amparadas por visões darwinistas. Contudo, não sabiam explicar o que leva a essa resistência, mas falavam como elas eram selecionadas.

Na segunda linha, os alunos demonstraram visões extremamente lamarckistas quanto ao surgimento das “superbacterias”.

Na terceira linha, os alunos disseram que Darwin teria o mecanismo para explicar as “superbacterias”, mas que durante suas explicações, varias

visões lamarckistas estavam implícitas nas suas explicações, contaminado assim suas idéias.

Nota-se, pelo que foi exposto, que os sujeitos envolvidos nas discussões assimilaram boa parte das diferenças entre as duas teorias e ainda sobre o surgimento da resistência bacteriana, mas que havia idéias lamarckistas dentro das idéias que eles julgavam ser de Darwin.

Durante a análise dos dados, foi possível constatar que os alunos conseguem perceber que Darwin estaria correto na explicação do surgimento das superbacterias, mesmo com algumas idéias lamarckistas. E talvez com o entendimento da fisiologia, reprodução bacteriana e a ação dos antibióticos tais erros possam ser superados.

De fato, o estudo das Teorias Evolucionistas pode ajudar o entendimento do surgimento das bactérias resistentes, e de que para Darwin, o surgimento das “superbacterias” é fruto da seleção natural, sendo que as bactérias que já possuem certas características seriam selecionadas pelos antibióticos.

#### **5.5- Fase 4 - Resultados do Grupo Focal e Análises**

O grupo focal foi realizado na segunda semana de novembro, período esse correspondente com as últimas aulas sobre evolução. Nesse período, foi ministrada também uma aula sobre reprodução bacteriana, objetivando um possível maior entendimento sobre os mecanismos que conferem as bactérias a capacidade de sobreviver à ação dos antibióticos. Esse mecanismo é mostrado por Mota, Silva, Porto, Silva (2005), que explanam que em geral, as atividades essenciais de uma bactéria são codificadas por um só cromossomo, e as não-essenciais, como a defesa contra drogas e a transferência gênica, que levam à recombinação, são codificadas por elementos móveis (plasmídios, transposons e integrons), que não fazem parte do cromossomo.

Os resultados do grupo focal são apresentados na forma de um quadro, a seguir, com objetivo de dinamizar as interpretações e padronizar os dados coletados.

**QUADRO 1: Questões, comentários dos alunos e considerações do pesquisador sobre o grupo focal com o tema “resistência bacteriana e teorias evolutivas de Lamarck e Darwin” 2012.**

Questões	Comentários transcritos	Considerações
----------	-------------------------	---------------

<p>1 - O estudo das Teorias Evolutivas mudou a forma de vocês verem alguns fatos?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Mudou... – resposta geral</i></li> <li>- <i>Antes eu tinha uma visão mais lamarckista das coisas, hoje consigo ver como Darwin...</i></li> <li>- <i>A gente não vê quem está certo ou errado, só pensa, mas não fica olhando...</i></li> <li>- <i>Eu me identifiquei com Lamarck por ser mais fácil de entender, mas sei que Darwin está correto</i></li> <li>- <i>depois que a gente vê as teorias de Darwin é que a gente percebe que Lamarck está errado...faz mais sentido...</i></li> <li>- <i>Lamarck é mais fácil, mas Darwin é que está correto...</i></li> <li>- <i>fez a gente pelo menos pensar...</i></li> <li>- <i>Eu, antes das aulas não demonstrava interesse nenhum sobre evolução, agora, se passa uma notícia na TV, já fico mais atento...</i></li> </ul>	<p>Pela colocação dos sujeitos participantes, o aprendizado sobre as teorias evolucionistas permitiu mudanças conceituais e entendimento de fatos do cotidiano. Estimulou nos alunos a ciência investigativa, pois em suas falas, eles se mostraram mais atraídos pelo conteúdo. Porém, é nítido nas frases dos alunos o quanto as teorias Lamarckistas estão entranhadas em suas falas. Julgam Lamarck fazer mais sentido, isso pelo fato de ser mais fácil, porém percebem que Darwin realmente está certo.</p> <p>Essas repostas vão de encontro com o referencial teórico, ao citar que muitos dos erros cometidos pelos alunos são um somatório de ensinamentos equivocados transmitidos pelos professores.</p>
<p>2 - Literalmente, o que é Evolução?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>seleção natural...grande parte dos alunos</i></li> <li>- <i>transformação...</i></li> <li>- <i>É o ser humano evoluindo...</i></li> <li>- <i>melhorar e adaptar...</i></li> <li>- <i>mutação...</i></li> </ul>	<p>Os alunos têm uma dificuldade em definir o que é evolução, e acabam fazendo inferência aos mecanismos que levam a evolução, não conseguindo assim, definir o processo.</p>
<p>3 - Se ocorre um melhoramento, então os seres mais complexos são os mais evoluídos? E as bactérias então?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>a evolução é sempre para melhorar...</i></li> <li>- <i>Não ...isso depende do ambiente...</i></li> <li>- <i>Assim! ou os animais se adaptam, ou eles serão selecionados...</i></li> <li>- <i>a gente não vai evoluindo para ficar pior...</i></li> <li>- <i>é tudo de acordo com a necessidade do individuo...</i></li> <li>- <i>depende de o ambiente determinar quem é bom...</i></li> <li>- <i>Não. A seleção natural busca o equilíbrio, onde o ambiente seleciona os melhores...</i></li> <li>- <i>Não. Em um local que aquela característica era boa, no outro não era...</i></li> </ul>	<p>É perceptível que o uso da palavra “melhora” é uma referência ao processo evolutivo.</p> <p>Os alunos julgam que o processo evolutivo é linear e busca o aperfeiçoamento ou a complexidade e com fundo lamarckista. Pressupões que para ser evoluído tem que ser complexo.</p> <p>Já citado no referencial teórico, Darwin procurou não usar a palavra “melhor”. Para Darwin, o conceito de melhoramento vai contra o processo evolutivo.</p> <p>Corroborando também com o referencial teórico, como muitos professores julgam que o processo evolutivo é causal, finalista e direto e que busca um melhoramento e complexidade.</p>

<p>4 - Como vocês vêem agora a questão sobre resistência bacteriana aos antibióticos?</p>	<p>- Antes quando eu via na televisão, eu tinha uma visão mais Lamarckista, ou seja, o mau uso dos antibióticos torna as bactérias resistentes, hoje não mais...</p> <p>- minha mãe me falou que se eu não tomasse direito o antibiótico, a doença poderia vir mais forte...</p> <p>- todos os médicos que já fui, me disseram que minhas bactérias ficaram mais forte, na verdade foi que minha garganta selecionou as mais resistentes...</p> <p>- Como nós temos muitas bactérias no corpo, algumas acabam por sobreviverem e podem causar doenças sérias...</p>	<p>É notório a melhora dos alunos quanto ao fato questionado e o quanto o assunto sobre resistência bacteriana faz parte do seu cotidiano.</p> <p>Nesse ponto, os alunos conseguiram perceber que o surgimento de tais bactérias é um processo evolutivo, movido pelas leis da natureza.</p> <p>Pode-se analisar também o seu poder de questionamento quanto ao assunto proposto. Esses alunos agora conseguem formar opiniões e percepções quanto as diferenças entre as Teorias Evolutivas.</p>
<p>5 - O antibiótico causou a resistência, ou seja, as bactérias em contato com antibiótico se tornaram resistentes?</p>	<p>- Não. O antibiótico só selecionou...</p> <p>- Selecionou as melhores...</p> <p>- Ele selecionou as mais aptas e matou as outras...</p> <p>- Já existia uma bactéria resistente, e ela foi selecionada e reproduziu...</p> <p>- Você tinha a bactéria, mas quando você toma o remédio, as mais fracas morrem e já tinha uma resistente que foi selecionada e essa selecionada passou suas características para frente...</p>	<p>As respostas elencadas neste item corroboram com as colocações do referencial teórico, onde, o antibiótico tem um papel de agente seletivo e que não induz a formação da resistência.</p> <p>Os alunos conseguiram perceber que o antibiótico não torna as bactérias resistentes, ou o seu uso frequente permite que elas se tornem resistentes. É nítida a visão Darwinista e hereditariedade dentro dos seus comentários.</p>
<p>6 - Depois que vimos as Teorias Evolucionistas de Lamarck e Darwin e também sobre reprodução bacteriana, isso ajudou no entendimento do surgimento das "superbacterias"?</p>	<p>- Sim... geral na turma...</p> <p>- O mau uso dos antibióticos pode ocasionar esse problema...</p> <p>- A reprodução sexuada das bactérias, pode formar outros tipos de bactéria, com isso, aquele antibiótico não fará mais efeito, pois ela agora é diferente...</p> <p>- A reprodução bacteriana é mais rápida que a produção dos antibióticos...</p> <p>Sim. Percebi que quando a se tem troca de material genético, ela fica diferente e aumenta a sua chance de sobrevivência...</p>	<p>Como as próprias respostas indicaram, o entendimento do surgimento das bactérias resistentes aos antibióticos foi graças a capacidade de diferenciação exercida pelos alunos entre as Teorias Evolutivas e maximizado pelo entendimento da reprodução bacteriana no seu papel na diversificação e hereditariedade dos seres vivos.</p>

Ouve uma participação satisfatória dos alunos, apesar de no começo haver certa timidez, talvez com medo de cometer erros ou possíveis avaliações por parte dos colegas ou do professor/pesquisador.

Sendo assim, foi percebido que depois de trabalhar as teorias evolucionistas e uma aula sobre reprodução bacteriana, a percepção dos alunos para o fato analisado foi diferente. Antes, podia-se perceber varias explicações para o surgimento das “superbacterias” contaminadas por questões Lamarckistas. Contudo, após o trabalho, essas contaminações se foram. A grande maioria dos alunos percebeu o papel da variabilidade e do ambiente no processo seletivo possibilitando a evolução.

## **CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pesquisa realizada possibilitou avaliar se alunos relacionavam a resistência bacteriana à teoria evolutiva de Lamarck ou de Darwin.

Entende-se que a Evolução é o eixo transversal que percorre outras áreas do conhecimento, contribuindo para formar cidadãos informados, capazes de tomar decisões e de se adaptarem a mudanças. O tema resistência bacteriana tem tomado grande importância, tanto na mídia, por causa dos problemas de saúde pública, quanto na ciência, que busca a cura ou a produção de medicamentos mais eficientes.

Portanto, é necessário que esse assunto seja abordado nas escolas com mais nitidez a fim de ajudar na formação de novos parceiros, na tentativa de minimizar todos os problemas decorrentes desse fato. A escola constitui um espaço de difusão e construção de saberes, valores e normas, sendo considerada como lugar estratégico para o desenvolvimento de debates e discussões a respeito de temas relacionados à evolução biológica e suas extrapolações como, por exemplo, a resistência bacteriana.

Nesse sentido, pode ser percebido que os alunos necessitam que temas tratados na escola sejam engajados com assuntos que façam parte do seu cotidiano. Essa forma de trabalho é capaz de despertar o interesse e o

poder investigativo, resumindo em bons resultados.

A pesquisa atendeu aos objetivos esperados, possibilitando aprendizado mútuo entre alunos e professor/pesquisador. Sua execução permitiu ao professor/pesquisador uma visão diferente, mais otimista do ensino. Essa visão é a criação de formas investigativas de ensinar. Alunos que se submetem a buscar idéias ou conceitos conseguem criar maior conexão com o tema proposto, possibilitando estabelecer relações entre o conteúdo da sala de aula e o cotidiano, sendo este um dos maiores legados da execução do trabalho.

O trabalho superou bastante as expectativas, pois foi engrandecedor para todos os envolvidos. Mesmo alunos que não obtiveram êxito em entender adequadamente o surgimento das “superbactérias” puderam desenvolver uma forma diferente de pensar. Já os alunos que perceberam a importância do tema sugerido poderão se tornar pessoas formadoras de opinião em relação ao fato estudado, pois o papel da escola está além de ensinar somente conteúdos.

O tema estudo possibilitou um leque de questões positivas, principalmente dentro do ensino de ciências. O tema escolhido vai de encontro ao cotidiano dos alunos, e isso foi fator determinante para o interesse. Outro ponto foi a capacidade de os alunos procurarem, de forma investigativa, explicações sobre a resistência bacteriana. E por último, a formação pessoal: ao notarem que poderiam contribuir para o surgimento de bactérias resistentes aos antibióticos, muitos alunos começaram a repensar suas atitudes perante o fato analisado.

Houve um bom entendimento sobre resistência bacteriana antes de estudar a reprodução das mesmas. O trabalho, dessa forma, conseguiu apontar que a relação entre a ação dos antibióticos e o processo de seleção natural, sendo que esse último foi mais bem compreendido graças ao entendimento de que bactérias fazem reprodução sexuada e dessa forma aumentam sua variabilidade.

No entanto, percebeu-se que os alunos possuem dificuldades em separar as Teorias Lamarckistas das Darwinistas, mas identificam a importância do seu entendimento. Além disso, nota-se que o surgimento das bactérias resistentes aos antibióticos possibilita diversas interpretações dos alunos e, muitas vezes, não compatíveis com a descrição darwinista.

Esse estudo abre novas possibilidades de pesquisas, tais como: análises da formação dos professores e suas dificuldades vivenciadas no ensino de evolução; introdução de novos conceitos dentro do ensino de evolução objetivando um entendimento multifatorial do aluno; análise curricular quanto ao ensino de evolução permitindo a ocupação central dentro do plano curricular das escolas, verificação de mudanças de posturas no dia a dia de alunos sobre resistência bacteriana.

Dessa forma, espera-se ter contribuído, com esse trabalho, para o ensino de ciências por investigação, bem como para um melhor ensino de evolução e para a reestruturação de um trabalho pedagógico investigativo do ensino das Teorias Evolucionistas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A.V E J.T. da R. FALCÃO (2005). A estrutura histórica-conceitual dos programas de pesquisa de Darwin e Lamarck e sua transposição para o ambiente escolar. *Ciência e Educação*, 11, 1, 17-32.

BIZZO, N. E EL-HANI, C.N (2009). O arranjo curricular do ensino de evolução e as relações entre os trabalhos de Charles Darwin e Gregor Mendel. *Filosofia e Historia da Biologia*, v.4, p. 235-257.

BRASIL, Ministério da Educação (1999). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: Secretaria de Educação Média e Tecnológica.

CICILLINI, G.A.A (1993). *Evolução enquanto um componente metodológico para o ensino de Biologia no 2º grau: análise da concepção de Evolução nos livros didáticos* (p. 1-143). Dissertação (Mestrado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Darwin, C. R. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: John Murray. 1st edition, 1st issue. On line in: <http://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=F373&viewtype=side&pageseq=1> Acess: 06/11/2012

FUTUYMA, D.J (1992). *Biologia Evolutiva*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq.

GARCÍA-PROCEL, E. *El legado biomédico de Carlos Darwin*. *Gac Méd Méx* Vol. 146 No. 2, 2010.

GOMPEL, N., PRUD'HOMME, B., WITTKOPP, P. J., KASSNER, V. A. & Carroll, S. B. *Nature* 433, 481–487 (2005).

KUTSCHERA, U. E NIKLAS, K.J. (2004). The modern theory of biological evolution : an expanded synthesis, *Naturwissenschaften*, 91, 6, 255-276.

LAKOFF, G. & JOHNSON, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago: University of Chicago Press.

LAMARCK , J. B. *Philosophie Zoologique* (1809)

MARCELOS, M. de F. (2006) *Analogias e Metáforas da “Árvore da Vida”, de Charles Darwin, na Prática Escolar*. 2006. 203f. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

MEYER, D. E EL-HANI, C.N (2005). *Evolução: o sentido da biologia*. São Paulo: Editora Unesp.

MOTA, R.P, SILVA, K.P.C, FREITAS, M.F.L, PORTO, W.J.N, E SILVA, L.B.G. (2005). Utilização indiscriminada de antimicrobianos e sua contribuição a multirresistência bacteriana. Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE

OLEQUES, L.C, SANTOS, M.L.B E BÔER, N. (2011). *Evolução biológica: percepção de professores de biologia*. Departamento de Biologia, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

SEPÚLVEDA, C., EL-HANEI, C.N; REIS, V.P.G.S. *Análise de uma seqüência didática para o ensino evolução sob uma perspectiva sócio-histórica*. Florianópolis, nov. 2009

TIDON, R. e LEWONTIN, R.C. (2004). Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology*, 27, 1, 124-31.

TIDON, Rosana; VIEIRA, Eli. *O ensino de evolução bacteriana: Um desafio para o século XXI*. Bahia, 2009

## APÊNDICES

### APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS



Faculdade de Educação – FAE

Centro de Ensino de Ciências e Matemática – CECIMIG

Ensino de Ciências por Investigação IV – ENCI IV

**Pesquisador:** Anderson Fernandes de Melo

**Orientadora:** Maria de Fátima Marcelos

Caro (a) aluno (a),

Este questionário tem a finalidade de coletar dados para pesquisa de monografia do curso “Especialização em Ensino de Ciências por Investigação-ENCI” do CECIMIG/FAE/ UFMG. Ao respondê-lo, você contribuirá muito para desenvolvimento desse trabalho. Sua privacidade será garantida pelo anonimato. **Solicito-lhe que não se identifique em nenhuma parte do questionário e seja mais sincero possível.**

**Afirmo que esse questionário não será utilizado como critério para distribuição de notas/ aprovação ou reprovação do respondente.**

Desde já agradeço pela sua colaboração.

Atenciosamente,  
Anderson Fernandes de Melo

NAS QUESTÕES DE MÚLTIPLA ESCOLHA, MARQUE SOMENTE UMA RESPOSTA.

**Etapa I: Perfil dos alunos participantes**

Idade: \_\_\_\_\_

**Questão 1-** Você tem o hábito de, em casa, estudar o conteúdo Evolução?

a- ( ) Nada      b- ( ) Pouco      c- ( ) Muito      d- ( ) MUITÍSSIMO

**Questão 2-** Você busca informações sobre o conteúdo Evolução em sites, jornais e/ou revistas?

a- ( ) Nada      b- ( ) Pouco      c- ( ) Muito      d- ( ) MUITÍSSIMO

**Questão 3-** Como você avalia seu desempenho no aprendizado de Biologia?

a- ( ) Excelente      b- ( ) Bom      c- ( ) Regular      d- ( ) Ruim

**Questão 4-** Como você avalia seu desempenho no aprendizado de Evolução?

a- ( ) Excelente      b- ( ) Bom      c- ( ) Regular      d- ( ) Ruim

**Questão 5-** Você se identifica com as idéias evolutivas de:

a- ( ) Darwin      b- ( ) Lamarck      c- ( ) Darwin e Lamarck      d- ( ) Nenhum dos dois

**Etapa II: Percepção dos alunos quanto à resistência bacteriana**

**Questão 6-** Você já ouviu falar sobre “resistência bacteriana a antibióticos”?

a- ( ) Nada      b- ( ) Pouco      c- ( ) Muito      d- ( ) MUITÍSSIMO

**Questão 7-** Caso tenha respondido letras b, c ou d na questão 6, responda as letras a, b, c a seguir e depois continue respondendo às demais questões. Caso contrário, vá direto para a questão 8:

a- onde ouviu falar sobre o assunto? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

b- o que ouviu falar? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

c- Você concorda com essas informações? Justifique. \_\_\_\_\_

---

---

**Questão 8-** Leia:

*O uso de um mesmo antibiótico para tratar repetidas infecções causadas por mesmos tipos de bactérias tem como consequência a ineficácia do tratamento.*

Responda detalhadamente: como você explica o fato de o antibiótico em questão não fazer mais efeito após algum tempo de seu uso no tratamento?

---

---

---

---

Obrigado!

## **APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

**Prezado (a)**

Por meio deste termo de consentimento livre e esclarecido, você está sendo convidado a participar da pesquisa **“Monografia - Como alunos interpretam a resistência bacteriana sob a ótica das teorias evolucionistas de Lamarck e Darwin no ensino médio”**, realizada por Anderson Fernandes de Melo, sob orientação da professora Maria de Fátima Marcelos.

O objetivo dessa pesquisa é investigar relações estabelecidas por alunos de ensino médio entre a resistência bacteriana e as teorias evolutivas de Lamarck e Darwin. A coleta de dados para execução desta pesquisa envolve a aplicação de um questionário e realização de grupo focal. Você receberá um questionário escrito e após responder deverá devolvê-lo ao pesquisador.

Sua privacidade será garantida através do anonimato durante qualquer exposição desta pesquisa. Em qualquer momento, você poderá solicitar esclarecimentos sobre a metodologia de coleta e análise dos dados através do telefone \_\_\_\_\_ ou pelo e-mail: \_\_\_\_\_. Não haverá nenhum desconforto e riscos para você durante o desenvolvimento da pesquisa. Caso você deseje recusar a participar ou retirar o seu consentimento

em qualquer fase da pesquisa tem total liberdade para fazê-lo.

Esta pesquisa não trará nenhum benefício direto e imediato a você, mas pode contribuir com o avanço dos conhecimentos sobre o ensino de Ciências por investigação.

Os resultados da pesquisa poderão tornar-se públicos por meio de tcc, congressos, encontros, simpósios e revistas especializadas, mas o seu anonimato será garantido. As informações coletadas somente serão utilizadas para fins desta pesquisa e os questionários serão arquivados pela pesquisadora responsável por um período de cinco anos, em sala e arquivo reservado para o respectivo fim, sendo garantido o sigilo de todo conteúdo.

Se você estiver suficientemente informado sobre os objetivos, características e possíveis benefícios provenientes da pesquisa, bem como dos cuidados que os pesquisadores irão tomar para a garantia do sigilo que assegure a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa, assine abaixo, este termo de consentimento livre e esclarecido.

Maria de Fátima Marcelos

---

orientadora

Anderson Fernandes de Melo

---

Orientando

### **Autorização**

Declaro que estou suficientemente esclarecido (a) sobre a pesquisa “**Como alunos interpretam a resistência bacteriana sob a ótica das teorias evolucionistas de Lamarck e Darwin no ensino médio**”, seus objetivos e metodologia. Concordo com a utilização dos dados, por mim fornecidos no questionário sejam utilizados para os fins da pesquisa.

Nome

aluno(a): \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ C.I.: \_\_\_\_\_

Caso ainda existam dúvidas a respeito desta pesquisa, por favor, entre em contato comigo Anderson Fernandes de Melo, [dinho.melo.bio@gmail.com](mailto:dinho.melo.bio@gmail.com), ou com a orientadora Maria de Fátima Marcelos [fatimamarcelos@gmail.com](mailto:fatimamarcelos@gmail.com). Finalmente, informo que as pesquisas realizadas pelo Cecimig/Fae/UFMG foram autorizadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG, que também poderá ser consultado livremente em qualquer eventualidade no endereço Unidade Administrativa II, sala 2005, 2º andar, Campus da UFMG - Pampulha, pelo telefone (31) 3409-4592 ou pelo e-mail: [coep@prpq.ufmg.br](mailto:coep@prpq.ufmg.br).