

**INSTITUTO OSWALDO CRUZ**

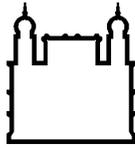
**Mestrado em Ensino em Biociências e Saúde**

**CONCEITO DE MUTAÇÃO BIOLÓGICA: INFLUÊNCIAS E  
POTENCIALIDADES NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

**JULIANA MACEDO LACERDA NASCIMENTO**

**Rio de Janeiro**

**2013**



Ministério da Saúde

**FIOCRUZ**  
**Fundação Oswaldo Cruz**

## **INSTITUTO OSWALDO CRUZ**

**Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde**

**JULIANA MACEDO LACERDA NASCIMENTO**

**Conceito de Mutação Biológica: Influências e Potencialidades no Ensino de Ciências**

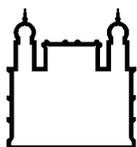
Dissertação apresentada ao Instituto Oswaldo Cruz como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosane Moreira Silva de Meirelles

**RIO DE JANEIRO**

**2013**

ii



Ministério da Saúde

**FIOCRUZ**  
**Fundação Oswaldo Cruz**

## **INSTITUTO OSWALDO CRUZ**

**Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde**

**AUTORA: Juliana Macedo Lacerda Nascimento**

### **CONCEITO DE MUTAÇÃO BIOLÓGICA: INFLUÊNCIAS E POTENCIALIDADES NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

**ORIENTADORA: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosane Moreira Silva de Meirelles**

**Aprovada em: 19/02/2013**

#### **EXAMINADORES:**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lúcia Rodriguez de La Rocque - presidente (FIOCRUZ – UERJ)

Prof. Dr. Luiz Augusto Coimbra de Rezende Filho - membro (UFRJ)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tânia Goldbach - membro (IFRJ)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Mara Lara Melo Coutinho - revisora e 1º suplente (FIOCRUZ - UFF)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gerlinde Agate Platais Brasil Teixeira – 2º suplente (UFF)

Rio de Janeiro, 19 de Fevereiro de 2013.

## Dedicatória

Poemas, canções, minha vida e esta obra dedico a Deus, pelos feitos de Sua mão, Sua glória e grandeza... Sem Ele não teria a ideia, o sonho, a coragem e a vitória.

Dedico ainda ao meu marido, por ser um presente de Deus para minha vida!

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus pela oportunidade de experimentar mais uma vez Seu amor e poder em cada passo nesta jornada acadêmica.

Ao meu esposo, Rhonyffer pelo apoio nas atividades disciplinares, avaliações, pelo amparo emocional e orações. Certamente seu amor, amizade e capacidade intelectual fizeram toda a diferença para que eu chegasse até aqui. Por tudo que você representa pra mim, o que posso dizer neste momento é: muito obrigada! Você é um presente de Deus para minha vida!

À minha querida amiga e orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosane Meirelles, minha gratidão e reconhecimento pela capacidade, destreza e carinho com que conduziu este trabalho. Sem sua orientação e paciência este sonho não seria realizado. Deus colocou você em minha vida como um presente que vou guardar no coração pela eternidade!

Aos meus pais, a quem honro pelo esforço com o qual me mantiveram desde sempre em escola pública, permitindo-me condições de obter êxito na sociedade letrada, pelo apoio irrestrito e por depositarem em mim o sonho, a determinação e a coragem de prosseguir, ainda que sobre as pedras... Vocês são o tesouro que Deus me concedeu!

Aos meus sogros, Eliel e Solange e cunhados, Isaias e Thatyanne, pelo carinho e apoio espiritual, minha eterna gratidão... Sem o amor de vocês, esse percurso seria muito mais árduo.

Ao quarteto Prymus, pelas orações e compreensão nos momentos de estudo... Cantar com vocês é uma alegria, um prazer... um oásis em qualquer momento.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lúcia La Rocque, pelo carinho, amizade e importantes contribuições nesta dissertação e no projeto de doutorado. Sem dúvida, sua elevada capacidade profissional num misto de doçura me encorajou prosseguir! Você é demais!

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Coutinho, pela prontidão em aceitar o convite para participar deste trabalho nos brindando com suas ricas contribuições e revisão de texto.

Aos eméritos professores Dr. Luiz Augusto Rezende e Dr.<sup>a</sup> Tânia Goldbach, minha gratidão pela presença e importantes contribuições na banca. Certamente a formação diversificada e altamente qualificada que trazem na bagagem lapidou ainda mais esta pesquisa.

Aos professores do curso de PG-EBS, pelo legado não só dos conceitos científicos aqui apreendidos ou aprofundados, mas também de compromisso e competência na mediação dos mesmos.

Às minhas queridas amigas e professoras da UERJ, Dr.<sup>a</sup> Andréa Góes e Dr.<sup>a</sup> Andréa Espínola, pelo apoio e contribuições no âmbito da genética. Vocês são demais!

Aos meus amigos do curso que, de mãos dadas, atravessaram esse percurso comigo. Em especial aos amigos Marcelo Diniz, Elaine Cristina, Mônica Jandira e Cristiane Ferreira, que acompanharam mais de perto meus anseios, temores e vitórias. Obrigada pelo apoio... Aprendi muito com vocês!

Ao Isac, pela prontidão e profissionalismo na secretaria acadêmica deste curso. Você tem sido um grande amigo nas horas de alegria e nas horas um tanto “difíceis”! Muito obrigada por tudo!

Aos meus colegas, diretores, alunos e responsáveis pelos alunos do CIEP Graciliano Ramos, pelo carinho e apoio nesta pesquisa. Sem vocês este trabalho não teria o mesmo teor... Vocês fizeram toda a diferença.

Aos alunos que participaram diretamente da coleta de dados e oficinas: “vocês mostraram que é possível, mesmo com as dificuldades na educação pública desse país, construir uma educação mais igualitária e cidadã”.

À direção da escola Berlim, pela compreensão e apoio às minhas ausências em prol de uma qualificação profissional, de um sonho... Sem essa compreensão e apoio, teria sido muito mais difícil.

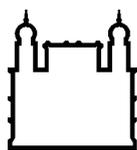
Agradeço, por fim, a todos os “mestres” que passaram pela minha vida, desde a mais tenra idade, depositando fé na educação e contribuindo, sem dúvida, com minha formação acadêmica.

*“Feliz aquele que faz do sonho o pensar e do que pensa, uma realidade. Pois sem sonhos, as perdas se tornam insuportáveis, as pedras no caminho se tornam montanhas, os fracassos se transformam em golpes fatais. Mas, se tiver sonhos, seus erros produzirão conhecimento, seus desafios produzirão oportunidades, seus medos produzirão coragem. Por isso, **nunca desista dos seus sonhos!**”*  
*CARLOS DUBOL / AUGUSTO CURY*

## SUMÁRIO

<b>1- INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
1.1. Concepções sobre Mutação ao longo da História.....	3
1.2. O Conceito de Mutação Biológica nos Séculos XX e XXI: Interfaces com Biociências, Saúde e Biotecnologia.....	9
1.3. Mídia e Popularização do Termo “Mutante”: a Origem dos Super-heróis e a Ficção Científica.....	13
1.4. Breve Relato da Trajetória do Ensino de Ciências no Brasil: Perspectivas para o Século XXI.....	18
1.4.1. Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e a Biotecnologia.....	21
1.4.2. Currículo de Ciências para o 7º Ano do Ensino Fundamental.....	23
1.5. Ensino de Genética e Biotecnologia.....	25
<b>2- OBJETIVOS.....</b>	<b>31</b>
<b>3- PERCURSO METODOLÓGICO.....</b>	<b>32</b>
3.1. Coleta de Dados (entrevistas e representações gráficas).....	32
3.2. Fundamentação Teórica.....	34
<b>4- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>36</b>
4.1. Análise de Entrevistas e Representações Gráficas: a Importância das Concepções Prévias para a Prática Docente.....	37
4.2. Oficinas.....	46
4.2.1. Oficina 1: Mutação e Material Genético.....	46
4.2.2. Oficina 2: Mutação e Diversidade Biológica.....	52
4.2.3. Oficina 3: Mutação e Biotecnologia.....	55
4.2.4. Oficina 4: Mutação e Saúde.....	60
4.2.5. Coleta de Dados após Oficinas (2ª coleta de dados).....	61
4.2.6. Terceira e Última Coleta de Dados.....	65
<b>5- CONCLUSÕES.....</b>	<b>77</b>

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>105</b>



Ministério da Saúde

**FIOCRUZ**  
**Fundação Oswaldo Cruz**

## RESUMO

### CONCEITO DE MUTAÇÃO BIOLÓGICA: INFLUÊNCIAS E POTENCIALIDADES NO ENSINO DE CIÊNCIAS

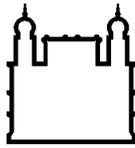
As bases científicas do conceito de mutação biológica consagraram-se na segunda metade do século XX quando pesquisas anteriores se coadunaram com os avanços da Biologia Molecular. A capacidade de mudança na sequência dos nucleotídeos do material genético dos seres vivos tem, ao longo de uma trajetória histórica, embasado obras literárias e científicas, estabelecendo importantes interfaces com o ensino de Ciências.

Com o objetivo de discutir as concepções de discentes sobre “mutação biológica”, verificamos, à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa, as interfaces estabelecidas por alunos do 7º Ano do Ensino Fundamental entre esse tema e tópicos de ciências, tais como material genético, biodiversidade, saúde e biotecnologia. Para tal, foram coletados dados através de entrevistas semi-estruturadas e representações gráficas de discentes antes e após oficinas didáticas afins.

A pesquisa foi realizada em uma escola pública estadual, localizada em Duque de Caxias, RJ, em uma turma composta por 21 alunos adolescentes. Foram realizadas três coletas de dados caracterizando etapas subsequentes. A primeira coleta, antes das oficinas didáticas; a segunda, imediatamente após as oficinas; e a terceira, sete meses após a segunda coleta de dados.

Os resultados da primeira coleta denotaram forte influência da mídia na formação de concepções dos discentes sobre mutação biológica. Os dados das coletas seguintes evidenciaram que houve aprendizagem significativa do conceito “mutação” em suas interfaces com ciências, pela resignificação do conceito prévio, estabelecendo ou enriquecendo o conceito subsunçor para este tema. Concluímos que as atividades realizadas nesta pesquisa ratificam a importância de se aproximar ideias do senso comum a conceitos científicos passíveis de serem trabalhados através de conteúdos programáticos do ensino de Ciências.

**Palavras-chave: Mutação biológica; Ensino formal; Aprendizagem Significativa.**



Ministério da Saúde

**FIOCRUZ**  
**Fundação Oswaldo Cruz**

## **ABSTRACT**

### **CONCEPT OF BIOLOGICAL MUTATION: INFLUENCES AND POTENTIAL IN SCIENCE EDUCATION**

The scientific basis of the concept of biological mutation consecrated themselves in the second half of the twentieth century when previous researches enriched with advances in molecular biology. The ability to change the nucleotide sequence of the genetic material has, along a historical trajectory, based in literary and scientific works, establishing important interfaces with science education.

Aiming to discuss the students conceptions about “biological mutation”, we find, according to the Theory of Meaningful Learning, interfaces established by students from the 7th year of elementary school between this theme and topics of science, such as genetic material, biodiversity, health and biotechnology. To this end, data were collected through semi-structured interviews and graphical representations of students before and after teaching workshops.

The research was conducted in a public school, located in Duque de Caxias, Rio de Janeiro state, in a class composed of 21 teenagers students. After, were realized three successive data collections on the subject. The first data collection, before teaching the workshops, the second, immediately after the workshops, and the third, seven months after the second data collection.

The results of the first sample have denoted strong influence of media in shaping students' conceptions about biological mutation. The results of the follow data collection showed that there was significant learning about the concept of "mutation" in its interfaces with science, establishing the subsumer concept to this theme. We conclude that the activities performed in this study confirm the importance of approaching common sense ideas to scientific concepts that can be worked through syllabus of science education.

**Keywords: Biological mutation; Formal education; Meaningful Learning.**

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.1.</b> Representação do DNA eucarioto e seus diferentes níveis de compactação....	28
<b>Figura 1.2.</b> Exemplo de atividade realizada em oficina sobre mutação pontual.....	29
<b>Figura 1.3. (a)</b> Materiais e reagentes químicos utilizados na extração de DNA; <b>(b)</b> Cuba eletroforética; <b>(c)</b> Protótipo do aparelho termociclador .....	30
<b>Figura 4.1.</b> Gráfico representando a porcentagem de citações pelos alunos dos meios midiáticos que embasaram as representações gráficas sobre “mutantes”.....	40
<b>Figura 4.2.</b> Representação da concepção da aluna A sobre o conceito de “mutante”.....	41
<b>Figura 4.3. (a)</b> Representação da concepção de “mutante” feita pelo aluno B; <b>(b)</b> Personagem do desenho animado “Ben 10” que embasou esta concepção do aluno B.....	42
<b>Figura 4.4.</b> Exemplo de árvore genealógica construída pelo aluno H representando as características fenotípicas de uma família.....	47
<b>Figura 4.5.</b> Atividade realizada com os modelos didáticos na Oficina “Mutação e Material Genético” (Oficina 1) .....	48
<b>Figura 4.6.</b> Alunos realizando a atividade proposta na Oficina “Mutação e Diversidade Biológica” (Oficina 2) .....	54
<b>Figura 4.7. (a)</b> Representa�o de diversidade biológica a partir da compreensão apresentada pela aluna D durante a Oficina 2 .....	54
<b>Figura 4.7. (b)</b> Representa�o da origem da diversidade biológica a partir da compreensão apresentada pelo aluno F durante a Oficina 2.....	55
<b>Figura 4.8. (a)</b> Alunos realizando a atividade proposta na Oficina “Mutação e Biotecnologia”; <b>(b)</b> Exemplo de altera�o do material genético simulada pelos alunos (Oficina 3).....	57
<b>Figura 4.9.</b> Exemplo de modelos de organismos transgênicos feitos com massinha de modelar em atividade proposta na Oficina 3 “Mutação e Biotecnologia”.....	57
<b>Figura 4.10. (a)</b> Atividade de constru�o de panfleto sendo realizada por aluno; <b>(b)</b> Panfletos construídos pelos alunos (Oficina 4).....	60
<b>Figura 4.11.</b> Gráfico representativo das respostas dos alunos obtidas na 3ª coleta de dados sobre o conhecimento da origem da biodiversidade.....	66
<b>Figura 1.</b> Modelo de boneco de papel que serviu de base para a montagem da árvore genealógica na Oficina 1.....	92
<b>Figura 2.</b> Materiais utilizados para a montagem da árvore genealógica.....	93

<b>Figura 3.</b> Sequência de slides utilizados na Oficina “Mutação e Material Genético”.....	94
<b>Figura 4.</b> Sequ�ncia de slides utilizados para introduzir a Oficina 2: “Mutação e Diversidade Biológica”.....	95
<b>Figura 5.</b> Materiais utilizados na Oficina “Mutação e Diversidade Biológica”.....	96
<b>Figura 6.</b> Imagens para colorir utilizadas para evidenciar mutaç�es na Oficina 2.....	97
<b>Figura 7.</b> Modelo didático simulando a presenç�a de altera�o genética em um cromossomo.....	98
<b>Figura 8.</b> Materiais utilizados na Oficina “Mutação e Biotecnologia”.....	98
<b>Figura 9.</b> Materiais utilizados na Oficina “Mutação e Saúde”.....	99
<b>Figura 10.</b> Sequência de slides de revisão dos temas abordados nas Oficinas.....	100

## **Lista de Tabelas**

<b>Tabela 4.1.</b> Análise das concepções apresentadas pelos alunos sobre “mutantes” (1ª coleta de dados).....	38
<b>Tabela 4.2.</b> Exemplos de representações gráficas apresentadas por alunos entrevistados sobre “mutantes” que se enquadram, respectivamente, nas categorias 1, 2 e 3 da Tabela 4.1 (1ª coleta de dados).....	39
<b>Tabela 4.3.</b> Análise das concepções apresentadas pelos alunos com relação ao conceito de “mutação” (2ª coleta de dados).....	62
<b>Tabela 4.4.</b> Exemplos de representações gráficas feitas pelos alunos sobre mutação após Oficinas (2ª coleta de dados).....	63
<b>Tabela 4.5.</b> Representação gráfica dos alunos sobre a relação entre mutação e ciências (3ª coleta de dados).....	68

## APRESENTAÇÃO

*“Nada é permanente, exceto a mudança”*  
(HERÁCLITO 535-475 a.C).

Decidi iniciar cada tópico proposto nesta dissertação com uma citação que busca introduzir o tema a ser detalhado, de forma sucinta. Portanto, quando Heráclito diz que nada permanece, exceto a mudança, posso dizer que este aforismo retrata o começo da minha trajetória acadêmica e alcança o contexto biológico que será tratado no decorrer de todo este trabalho.

Desde a tenra idade, já imaginava ser bióloga, mas jamais professora. Desistindo do curso de Farmácia na UFF e de Enfermagem na UFRJ, decidi prosseguir no curso de graduação em Ciências Biológicas na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, pensando na pesquisa em bancada, precisamente na área de genética. Nos primeiros períodos do curso, iniciei estágio na FIOCRUZ, no laboratório de Genética Bacteriana (2002-2006), achando fascinante a capacidade de mutação das bactérias. Refletia sobre o quanto os conhecimentos em genética facilitam diagnósticos, terapias e abrem caminhos para a compreensão de temáticas ainda obscuras da ciência. Tais reflexões me fizeram deparar com a seguinte questão: Como os que estão fora do ambiente científico ou até mesmo na educação básica concebem a ciência? Como acompanham os avanços científicos? Como se apropriam dos feitos da ciência?

Concluída a graduação, as portas que se abriram foram as do ensino formal. Passei a enxergar de perto as dificuldades de lecionar em diferentes contextos sociais e culturais e a valorizar o aluno como aquele que tem o direito de conhecer e questionar a ciência. Lecionando há oito anos em escolas da rede pública e particular do Rio de Janeiro, percebi a necessidade de me reposicionar continuamente diante dos conteúdos tradicionais e de determinadas inovações científicas que perpassam pelos meios de comunicação social, alcançando a escola. Compreendo, hoje, que os diferentes contextos de vida dos alunos, inclusive seus saberes e conhecimentos prévios, podem ser grandes aliados do ensino, servindo de estímulo e alicerce para aprendizagens que poderão durar por toda a vida.

Cursando a pós-graduação (*lato sensu*) na UERJ, dediquei-me à construção e utilização de modelos didáticos em três dimensões sobre o genoma. Como resultado da utilização dos mesmos no Ensino Fundamental, percebi o quanto a imagem e a manipulação dos modelos didáticos tridimensionais facilitaram a compreensão dos alunos

quanto a determinados conceitos científicos abstratos. Tais resultados me motivaram a desenvolver meu projeto de mestrado na área de ensino relacionada à Citologia/ Genética, o qual, frequentemente, é tratado pela mídia de forma atraente, especialmente para o público adolescente: o conceito de mutação biológica.

Nos últimos anos, tal conceito tem se coadunado com significativas descobertas no campo da Genética e apresentado importantes interfaces com conteúdos designados para o ensino de Ciências no 7º Ano do Ensino Fundamental, como a origem da vida e da biodiversidade e tópicos em saúde e em biotecnologia.

Pela potencialidade com que o conceito de mutação tem se apresentado, este trabalho debruça-se numa investigação em busca de respostas às seguintes questões: Que concepções os alunos têm, ao cursarem o 7º Ano do Ensino Fundamental, sobre o conceito de mutação biológica? Que implicações essas concepções podem ter para o ensino de Ciências?

# 1 - INTRODUÇÃO

## 1.1. Concepções sobre Mutação ao longo da História

*“A vida resulta da sobrevivência não aleatória de replicadores aleatoriamente mutantes”*

(RICHARD DAWKINS).

A palavra “mutação”, originada do latim “mutare” quer dizer “mudar”. Compreende-se, ainda, por mutação: *“mudança; transformação; ato ou efeito de mudar(-se); alteração, modificação; tendência, facilidade para mudar de ideia, atitude”*(...). No âmbito da genética, mutação é uma *“alteração súbita no genótipo de um indivíduo, sem relação com os ascendentes, mas passível de ser herdada pelos descendentes<sup>1</sup>”*.

Em toda disciplina científica, as ideias predominantes e mesmo as questões formuladas são produtos do desenvolvimento histórico (FUTUYMA, 2002). No saber científico, a concepção de mutação biológica vem, ao longo da história da ciência, confirmando sua relevância na compreensão da dinâmica da vida, compactuando inclusive, com as teorias que revolucionaram a história da Biologia (MAYR, 2005). No entanto, concepções de que as espécies mudam ao longo do tempo estavam presentes nos pensamentos dos antigos gregos, romanos e chineses<sup>2</sup>, entremeando-se, inclusive, a mitos e lendas.

Na Grécia, Empédocles de Agrigento (484-421 a.C) relatava que os seres vivos eram capazes de mudar por causas naturais (CAMPBELL, 2008). Filósofos chineses adeptos ao taoísmo especulavam que as espécies desenvolviam atributos (mudavam) em resposta a diferentes ambientes e negavam a fixidez das espécies (NEEDHAM E RONAN, 1995, p. 101). Santo Agostinho de Hipona (século IV) concebia a ideia de que as formas de vida haviam se transformado “vagarosamente ao longo do tempo” (GILL, 2005, p. 251).

Mayr (1998, p.108) relata que nas décadas seguintes a Empédocles, houve o estabelecimento de duas grandes tradições filosóficas na Grécia: uma comandada por Heráclito, onde afirmava que havia mudanças no mundo vivo (“onde tudo flui”) e outra,

---

<sup>1</sup> <http://dicionario.escrever.org/tiki-index.php> / dicionário da língua portuguesa: FERREIRA, 2001.

<sup>2</sup> <http://www.scientificlib.com/en/Biology/Evolutionary/HistoryOfEvolutionaryThought.html>

comandada por Demócrito, que, em oposição, afirmava a permanência do imutável, justificando que “todas as coisas são feitas de átomos, que são imutáveis”. Havia ainda outras formas de conceber as mudanças nos seres vivos como, por exemplo, a demonstrada por Anaximandro (610 - 546 a.C.), que acreditava que os animais terrestres deveriam ter saído do mar em épocas remotas (inclusive o ser humano), os quais estariam presos dentro de animais aquáticos e, alcançando o tamanho ideal e condições de sustentar-se em terra firme, seriam expulsos desses corpos tipicamente aquáticos passando a viver em terra firme (MARTINS, 1990-a; COUPRIE, 2010). Cotrim (2006) enfatiza que, nesse mesmo período, alguns filósofos não se detinham na mudança dos seres vivos como um processo de evolução, tanto que Voltaire “ria” dessa possibilidade. No entanto, Mayr (1998) comenta que importantes foram os legados da filosofia grega no que tange ao conhecimento biológico, pois buscavam as respostas para fenômenos naturais em causas naturais e não em deuses ou espíritos.

Na Idade Média, a Igreja Católica e seus dogmas prezavam a crença de que os seres vivos tinham sido criados por Deus, à luz das informações contidas na Bíblia, representando uma forte concepção fixista e imutável das espécies (KOSMINSKY, 1960). Em revisão de literatura, também são encontradas evidências de que o essencialismo, concepção de que as espécies são tipos naturais com características inalteráveis e imutáveis, era fortemente concebido por filósofos que viveram antes de Darwin (ALMEIDA E DA ROCHA FALCÃO, 2010). Exemplos de concepções essencialistas são também encontradas em relatos de contemporâneos de Darwin, como, por exemplo, Lyell (1835, p.162) em que afirma que *"Existem limites fixos para certas formas, além dos quais os descendentes de ancestrais comuns nunca podem desviar"*. Para Lyell, toda a natureza consistia em formas imutáveis, cada qual criada num momento definido.

No entanto, foi a partir do século XVIII que o pensamento científico passou a apresentar proposições consistentes para a formulação de teorias sobre mudanças nos seres vivos como uma forma de evolução, contrapondo-se às ideias de um mundo estático e imutável (BERTONI, 2007). Embora a fixidez das espécies fosse a crença ortodoxa na época de Darwin, isso não significava que ninguém a tivesse especulado até então (RIDLEY, 2006, p.31). Exemplos dessas especulações são as de Pierre Louis Maupertuis, em 1751, quando escreveu sobre modificações naturais ocorrendo durante a reprodução e acumulando-se ao longo de muitas gerações, produzindo raças e mesmo espécies (BOWLER, 2003). Entre 1767 e 1792, James Burnett, Lorde Monboddio incluiu em seus escritos não apenas o conceito de que *“o ser humano havia descendido dos primatas, mas*

*também de que, em resposta ao ambiente, os organismos tinham achado formas de transformar suas características ao longo de grandes intervalos de tempo” (BOWLER, 2003, p.73-75). Em fins do século XVIII, Buffon sugeriu que “a forma da espécie animal não é inalterável, podendo mudar e até mesmo transformar-se completamente, acompanhando a mudança do meio onde vive.”*

No período que se estendeu do final do século XVIII ao início do século XIX, os estudos de Erasmo Darwin e Lamarck mostraram evidências que as espécies mudam morfológicamente, sendo que, para esse último, essas mudanças eram guiadas pelo ambiente (RONAN, 1987). A partir de 1800, a ideia de “progressão” das espécies começou a aparecer nas diferentes obras de Lamarck (MARTINS, 1998), ao passo que, na microbiologia nascente, Pasteur sustentava a ideia de que o ser vivo só procedia de outro ser vivo. A concepção de Pasteur, de que um ser vivo só poderia se originar do seu semelhante, reforçava a desconfiança em relação a qualquer teoria de modificação das espécies.

Como enfatizado por Mayr (1998, p.109): *“Foram necessários mais de dois mil anos para a Biologia, sob a influência de Darwin, livrar-se das garras paralisadoras do essencialismo.”*

Na obra *Philosophie Zoologique* (1809), Lamarck argumenta que as espécies mudam ao longo do tempo e transformam-se em outras espécies (RIDLEY, 2006, p.31). Lamarck também concebia que a vida surgia por um potencial inato, no entanto, acreditava que o ambiente produzia necessidades e atividades no organismo, influenciando variações adaptativas (ALMEIDA E DA ROCHA FALCÃO, 2010), ou seja, o ambiente, de alguma forma, direcionava as mudanças. As interpretações de Lamarck basearam-se em *“duas teorias sobre o mecanismo da transformação dos seres vivos: a organização progressivamente complexa dos seres vivos e a sua capacidade de reação às mudanças ambientais”* (RIDLEY, 2006, p.32).

De acordo com Bertoni (2007):

*“O contexto positivista implicava em mudanças na forma de pensar o mundo natural, superando a forma estática e imutável, passando a aceitá-lo como dinâmico e mutável, em permanente transformação para melhor, com uma tendência intrínseca a buscar a perfeição,*

*bem como uma habilidade para ajustarem-se às demandas do meio, diria Lamarck”*  
(MAYR, 1998 *apud* BERTONI, 2007).

Nas palavras de Ridley (2006), o modo pelo qual Lamarck imaginava que as espécies mudavam diferia da forma de pensar de Darwin, justamente pelo fato de Lamarck acreditar que as linhagens de espécies persistiam indefinidamente, mudando de uma forma para a outra, não se ramificando nem se extinguindo. Com isso, concebia que no interior do organismo havia uma força que o levava a produzir uma prole levemente diferente de si mesma, e, assim, pelo acúmulo das transformações, ao longo dos tempos, uma linhagem estaria visivelmente transformada (podendo até tornar-se uma nova espécie). Por esse fato, alguns historiadores contemporâneos utilizam a palavra “transformismo” para as concepções de Lamarck (RIDLEY, 2006, p. 31).

Contrário às ideias de Lamarck, o anatomista Cuvier (1769-1832) adotou em sua escola a ideia da fixidez de espécies, passando a enfatizar, após os estudos, características anatômicas distintas em, pelo menos quatro grupos de animais (vertebrados, articulados, moluscos e radiados), além do que as espécies se extinguíam (RIDLEY, 2006, p.32). Sendo assim, Ridley (2006) comenta que, até meados do século XIX, a maioria dos cientistas acreditava na concepção de Cuvier de que cada espécie tinha sua origem distinta, permanecendo esta forma constante, até sua extinção.

As pesquisas de Charles Darwin nos estudos em Galápagos (1831-1835) evidenciavam características de que os seres vivos realmente eram mutáveis, contrapondo-se, inclusive, às ideias transformistas. As características das espécies, a partir de Darwin, não mais foram definidas pela presença de propriedades fixas, imutáveis, mas por relações de parentesco (WAIZBORT, 2000). Segundo Futuyma (1993, p.6), para validar as mudanças ocorrentes nos seres vivos, Darwin valeu-se dos registros fósseis, além da distribuição geográfica das espécies, anatomia e embriologia comparada. Reale e Antiseri (2005, p. 344), comentam que a concepção teológica que compreendia as espécies como imutáveis desde sua criação teve uma reorganização temporal. No entanto, ainda que com bases científicas, poucos compreenderam, na época de Darwin, como ocorria o processo de seleção natural (HULL, 1973 *apud* FUTUYMA, 1993), pois além das implicações religiosas, faltava, cientificamente, a explicação sobre a hereditariedade (RIDLEY, 2006, p.36).

Entretanto, o principal questionamento de Darwin naquele momento era:

*“... De onde surgem as variedades?”*

*“... Como se teriam aperfeiçoado todas essas adaptações maravilhosas que vão modificando o organismo parte por parte, em função das condições de vida que ele suporta, acabando por transformá-lo num ser diferente de seus ancestrais?”*  
(DARWIN, 2000, p.85).

Darwin compreendia que as variedades eram espécies incipientes (DARWIN, 2000, p. 78), e entendia que *“para que uma espécie se transformasse em duas, era necessário a existência da variação para que, então, sobre esta variação, a seleção natural atuasse”*. No entanto, ele desconhecia como a variação se originava.

Até o início do século XX, pouco se sabia sobre o material genético como um todo e questões que envolviam a Biologia Molecular pareciam incompreensíveis aos olhos da Biologia Evolutiva, sendo melhor compreendidos após 1950 (BERTONI, 2007; MAYR, 1998). No entanto, os legados das Teorias da Origem das Espécies e da Seleção Natural de Darwin (publicadas em 1859), a redescoberta dos trabalhos de Mendel sobre o fator hereditariedade e do geneticista Thomas Hunt Morgan (1866-1945) que permitiram elucidar importantes conceitos relacionados ao material genético (BOWLER, 2003; LARSON, 2004), inclusive, que mutabilidade é o que caracteriza as entidades biológicas, sendo a fonte primária de toda a variação genética (MAYR, 1998, p. 74-75).

Neste ínterim da redescoberta das Leis de Mendel é que os termos “genética” e “mutação” foram cunhados, respectivamente, por William Bateson e o botânico holandês Hugo De Vries (LARSON, 2004). Posteriormente, Muller (1964 *apud* MOORE, 1986), mostrou que os mutantes descritos por De Vries *“não eram resultados de novas mutações, mas sim de permutações raras entre grupos de genes alelos normalmente mantidos em heterozigose”*.

Importa ressaltar que no início do século XX ainda não era possível imaginar a magnitude do material genético, e permanecia, assim, o questionamento científico sobre a origem genética das mutações. A trajetória percorrida por filósofos e cientistas até esse período foi repleta de importantes investigações que, no entanto, necessitavam de avanços tecnológicos que auxiliassem a compreensão desse fenômeno em nível molecular.

Após 1920, importantes obras de genética foram escritas por Ronald Aylmer Fischer, John Burdon Sanderson Haldane e Sewal Wright (RIDLEY, 2006, p.38 e 39), sintetizando as ideias Darwinistas de Seleção Natural e os preceitos Mendelianos da hereditariedade em uma só teoria, que foi concebida por “*Teoria Sintética da Evolução, Síntese Moderna ou Neodarwinismo*”. Com o Neodarwinismo, finalmente, houve o reconhecimento dos principais fatores evolutivos, como a capacidade de recombinação gênica, a seleção natural e o fenômeno de mutação, complementando as ideias “pendentes” em relação à fonte de variabilidade dos seres vivos.

De acordo com Bertoni:

*“Muitos foram os trabalhos que contribuíram para o entendimento de que os princípios neodarwinistas da mudança genética eram responsáveis pela origem não somente das espécies, mas também de outros níveis taxonômicos superiores (...), deixando de entender os seres vivos como imutáveis, passando a ser compreendidos como mutáveis”*

(BERTONI, 2007).

Ridley (2006, p. 28) enfatiza que evolução significa “*mudança na forma do corpo e no comportamento dos organismos ao longo das gerações*”, ou seja, mudanças em uma linhagem de populações entre gerações, que podem se estender da sequência do DNA à morfologia macroscópica e comportamental dentro dessa espécie.

Apesar de haver estreita relação entre mutação e evolução, nem todas as mutações resultam em evolução. Ridley (2006) observa que existem ainda outras mudanças importantes no desenvolvimento dos seres vivos e que essas não devem ser compreendidas como evolução, como, por exemplo, o desenvolvimento natural (ontogênese) dos indivíduos.

O conceito de mutação como um fenômeno essencialmente biológico, passa por um processo de ressignificação com o progresso da Biologia Molecular no século XX, estendendo suas fronteiras para além da base da evolução e da biodiversidade, ganhando importantes debates nas áreas de saúde e biotecnologia.

## 1.2. O Conceito de Mutação Biológica nos Séculos XX e XXI: Interfaces com Biociências, Saúde e Biotecnologia

*“Quanto maiores os triunfos palpáveis da Ciência, maior a fome de buscar o inexplicável”*

(HOBSBAWN, 2005, p. 512).

No século XX, com a crescente tecnologia em microscópios e na informática, além de técnicas mais precisas e sensíveis nas áreas de Bioquímica e Biofísica, a Biologia Molecular e a Genética avançaram em passos largos em direção ao núcleo celular, sobretudo na estruturação, composição e funcionamento do genoma, descortinando fenômenos e possibilidades nunca antes imaginados pela ciência.

Em 1953, com a determinação do modelo tridimensional do DNA proposto por Watson e Crick (NASCIMENTO, 2003 *apud* SCHNEIDER *et al.*, 2011), não só o material genético foi melhor compreendido como a própria percepção da humanidade frente aos aspectos inerentes à vida também foram mudados (MAGALHÃES, 2009). Segundo Thompson & Thompson (1991), nesse período, já tinham sido criadas técnicas para o estudo científico dos cromossomos humanos, sendo mais explorado o papel dos cromossomos no desenvolvimento sexual e nas anormalidades (síndromes) que acometiam o desenvolvimento físico e mental. Em meados de 1970, com tecnologias para a análise do DNA, a ciência passou a localizar e identificar genes responsáveis por proteínas humanas essenciais e a caracterizar mutações.

Intrínseco ao material genético, o fenômeno das mutações biológicas passou a ser definido como alterações na sequência dos nucleotídeos no genoma, podendo ocorrer tanto em um gene (unidades que compõem a molécula de DNA) (EL- HANI, 2007)<sup>3</sup>, quanto nos cromossomos (estruturas formadas por filamentos de DNA) (PIERCE, 2004; THOMPSON & THOMPSON, 1991, p.82). As mutações também passaram a ser compreendidas como um fenômeno susceptível a qualquer tipo de célula, logo, como todo ser vivo apresenta células, é passível de mutações (THOMPSON & THOMPSON, 1991).

---

<sup>3</sup> Definição clássica de gene (NASCIMENTO, 2003 *apud* SCHNEIDER *et al.*, 2011). Atualmente existem outras definições para o conceito de gene (SCHNEIDER *et al.*, 2011).

As mutações são classificadas em três categorias: do genoma, dos cromossomos e dos genes. As mutações do genoma ocorrem quando há a não-disjunção dos cromossomos, acarretando em aneuploidias, como, por exemplo, síndrome de Down, Turner, Klinefelter, entre outras cujo número de cromossomos é alterado. As mutações dos cromossomos ocorrem quando há um rearranjo dos cromossomos, ou seja, quando há troca de genes entre cromossomos não-homólogos. Essa mutação pode ocasionar algum tipo de câncer, como, o linfoma, por exemplo. A mutação dos genes ocorre quando há troca de pares de bases nitrogenadas da molécula de DNA (adenina, timina, citosina e guanina), alterando, em última instância, a sequência da proteína sintetizada. As consequências da mutação nos genes podem ser, por exemplo, o albinismo e a anemia falciforme (THOMPSON & THOMPSON, 1991).

Segundo Moore (1986), “*se a natureza física da mudança não poder ser detectada, possivelmente, o processo da mutação em si possa ser estudado*”.

Estudos que remetem ao início do século XX mostram que o fenômeno das mutações precisou ser experimentalmente induzido para que fosse melhor compreendido. Assim, alguns organismos foram submetidos a testes com raios- X, visando ao aumento da taxa de mutação. Os trabalhos de Muller (1964) comprovaram a capacidade mutagênica dos raios- X e que esses não induziam apenas mutações gênicas (que alteram genes individuais), mas também provocavam inversões, translocações e outras deficiências nos cromossomos, como, por exemplo, a perda de um segmento, mudando-o estruturalmente (MOORE, 1986).

Estudos têm confirmado que agentes físicos como as radiações ionizantes (raios-X,  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ ) e também as não ionizantes (UV), substâncias químicas presentes no cigarro, no álcool, em determinados alimentos (sobretudo industrializados) e a infecção por agentes biológicos como o vírus (HPV e outros) podem ter ação mutagênica, causando câncer (BARALE *et al.*, 1998; GONSEBATT *et al.*, 1997; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002). Atualmente, sabe-se que a carcinogênese é consequência não apenas de uma mutação, mas resulta do acúmulo de uma série de alterações do material genético, tendo os agentes mutagênicos diferentes formas de ação<sup>4</sup>. Apesar de esses agentes mutagênicos interferirem de diferentes formas na etiologia do câncer, pesquisas têm mostrado que mudanças comportamentais em relação à exposição a esses agentes podem reduzir o risco de

---

<sup>4</sup> Ações de enfermagem para o controle do câncer, encontrado em:

[http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/pc/monografias/ms/ficha\\_tecnica.pdf](http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/pc/monografias/ms/ficha_tecnica.pdf)

desenvolvimento do câncer (Intervenções de Enfermagem no controle do câncer, cap. 5, p. 157)<sup>5</sup>.

Pela sua significativa relação com saúde, o conceito de mutação expandiu-se no campo da Biotecnologia, quando técnicas laboratoriais viabilizaram a manipulação do material genético e terapias, como as utilizadas no combate ao câncer.

Segundo Hobsbawn (2005), as técnicas para combinar genes de uma espécie com os de outra (DNA recombinante) foram reconhecidas pela primeira vez em 1973, o que trouxe implicações e debates sobre a necessidade de limitar práticas científicas que envolvessem o material genético de diferentes organismos.

Pioneiros na empreitada da manipulação do material genético, os pesquisadores americanos Stanley Cohen e Herbert Boyer fizeram a primeira transferência genética, em 1973, de plasmídeos (DNA circular de bactérias), buscando encerrar genes de resistência a determinados antibióticos que eram transmitidos entre bactérias. Em 1987, a primeira planta transgênica (soja) resistente a herbicida foi produzida pela Monsanto, empresa norte-americana (MATHIAS, 1999) e, em 1994, foi criado o tomate Flavr Savr, que continha um gene que retardava seu amadurecimento (MATHIAS, 1999, p.12; BORÉM E COSTA, 2003, p.177). Daí em diante, outros alimentos, incluindo grãos foram modificados geneticamente (MATHIAS, 1999, p.137; CUNHA, 2005, p.43). A biotecnologia dos transgênicos não se limitou aos vegetais, sendo a insulina humana produzida por engenharia genética (LIMA, 2001) e animais geneticamente modificados para pesquisas (PESQUERO *et al.*, 2002).

Segundo Pinheiro, Silveira e Bazzo (2009):

*“Teias de aranha produzidas em laboratório, vacas que produzem medicamentos no leite e plantas de soja usadas na luta contra a AIDS poderiam até parecer filme de ficção científica há alguns anos, mas hoje representam uma realidade bem mais próxima do que se pode imaginar, pois estão sendo desenvolvidas dentro de laboratórios brasileiros. Todas*

---

<sup>5</sup> <http://www.inca.gov.br/enfermagem/docs/cap5.pdf>

*essas inovações tecnológicas não são capítulos de filmes de ficção ou de super heróis, mas sim produto dos avanços conquistados por pesquisadores genuinamente brasileiros”*

(PINHEIRO, SILVEIRA E BAZZO, 2009).

Segundo revisto em Burns e Bottino (1991), algumas técnicas de engenharia genética passaram a ser amplamente utilizadas para geração de Organismos Geneticamente Modificados (OGM). Burns e Bottino (1991) ressaltam ainda que técnicas laboratoriais tais como: PCR (Reação em Cadeia de Polimerase - técnica criada em 1983, que permite a ampliação de trechos de DNA) (FERRO, 2010), eletroforese, *norther blot* e *western blot*, entre outras, são utilizadas para: identificação de espécies, testes de paternidade, uso forense, amniocentese, fertilização *in vitro*, clonagem, terapia com células-tronco.

Em artigo publicado por Ferro (2010), é relatado que a biotecnologia atual tem orientado o desenvolvimento de mais de 350 fármacos que estão sendo aprovados no combate ao câncer, doenças infecciosas e desordens autoimunes, totalizando 150 doenças.

Em entrevista à revista Biotecnologia- Ciência & Desenvolvimento (2007/2008), Elíbio Rech, pesquisador da Embrapa, relata que o Brasil se apresenta num patamar de pesquisa biotecnológica que se compara aos países do primeiro mundo. Comenta ainda que alguns alimentos foram transformados pela introdução do gene da capa proteica do vírus que causa a mancha anelar em alguns vegetais e acrescenta que:

*“Atualmente existe a expectativa de que a geração de animais transgênicos de médio (cabras) ou grande porte (bezerras) sejam desenvolvidas no país nos próximos anos. Mas o que é importante enfatizar é que o domínio dessa tecnologia representa uma esperança não apenas para os hemofílicos, mas para a sociedade de forma geral. Já estão sendo desenvolvidas também plantas de soja com anticorpos anticâncer de mama, que vão auxiliar na prevenção e*

*diagnóstico dessa doença; alface com gene para combater a diarreia infantil e soja com gene do hormônio de crescimento. E isso é apenas o começo, já que a utilização de plantas e animais como biofábricas é uma plataforma tecnológica que vai permitir expressar muitas moléculas de alto valor agregado<sup>6</sup>.”*

Lois Gresh e Robert Weinberg (2005) afirmam que animais de laboratório são rotineiramente modificados através de linhagens germinativas e que, no início da década de 1990, células somáticas de linhagem não-germinativa e não-sexuais humanas já eram modificadas pela Ciência.

Com os avanços biotecnológicos dos séculos XX e XXI, o conceito de mutação estende-se para além da relação com a evolução natural das espécies, ganhando espaço em discussões sobre o papel e os limites da ciência, o que pode se engajar no discurso de alguns pesquisadores como Loreto e Sepel (2003) e Voet *et al.*, (2002) como um dos conceitos que provocaram uma reconceituação na relação com o corpo e com a vida, através de desdobramentos científicos, sociais e educacionais.

### **1.3. Mídia e Popularização do Termo “Mutante”: a Origem dos Super-heróis e a Ficção Científica**

*“Por trás de toda história de super-herói se esconde uma compreensão acerca de nós mesmos e do mundo em que vivemos”*  
(VIANA E REBLIN, 2011).

A palavra “mídia” apresenta diferentes definições no âmbito político e na área de comunicação. Nesta dissertação, iremos considerá-la como um conjunto de meios de comunicação (WOLF, 2003), ou conjunto de instituições que utiliza tecnologias específicas (rádio, televisão, cinema, revistas...) para realizar a comunicação humana (LIMA, 2003).

---

<sup>6</sup> [http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio37/bio\\_37\\_7b.pdf](http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio37/bio_37_7b.pdf)

Nos meios midiáticos tem sido comum o uso da palavra “mutante”<sup>7</sup>. Numa breve busca em jornais populares, foram encontradas reportagens utilizando a palavra “mutante” de formas distintas, apresentadas nos exemplos que se seguem:

- Exemplo 1: como característica de um personagem

*“O ator Hugh Jackman, 40, voltará a viver o **mutante** Wolverine em um próximo filme sobre o personagem de X-Men, informou a revista "The Hollywood Reporter”<sup>8</sup>  
(FOLHA DE SÃO PAULO, 2009).*

- Exemplo 2: no dito popular

*“Para a partida de hoje, o zagueiro Fabão, ex-Goiás, acredita que a manutenção da fórmula **mutante** de Luxemburgo é a melhor opção”<sup>9</sup>  
(FOLHA DE SÃO PAULO, 2009).*

- Exemplo 3: no contexto científico

*“Cientistas encontraram pernas muito maiores e mudanças também no tamanho das antenas e das asas das borboletas “mutantes”, coletadas após o acidente de Fukushima em 2011”<sup>10</sup>  
(O GLOBO, 2012).*

---

<sup>7</sup> Em sentido dicionarizado quer dizer: “que apresenta caracteres novos em relação ao conjunto de seus ascendentes”. Nos textos de ficção científica: “ser extraordinário, resultante de uma mutação, especialmente de uma mutação da espécie humana.”  
<http://www.dicio.com.br/mutante/>

<sup>8</sup> <http://www1.folha.uol.com.br/folha/ilustrada/ult90u609726.shtm>

<sup>9</sup> <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/esporte/fk2308200915.htm>

<sup>10</sup> <http://oglobo.globo.com/ciencia/fukushima-produz-borboletas-mutantes-de-tamanhos-diferentes-5775404>

- Exemplo 4: No sentido de “nome” - apelido e banda musical, respectivamente

*“Mutante nocauteia Bodão na categoria peso-médio do TUF Brasil”<sup>11</sup>*

*“Enem 2012: Jimi Hendrix, Blitz e Os Mutantes na prova de Linguagens”<sup>12</sup>*

(O GLOBO, 2012).

No uso coloquial ou caracterizando personagens da ficção, a palavra “mutante” tem sido utilizada em diferentes contextos. Identifica-se, ainda, que a palavra “mutante” ganhou espaço nas histórias em quadrinhos e no cinema (EUA), a partir de fatos reais decorrentes do contexto social e político no período pós-guerra.

A relação que se estabelece entre a superaventura e a sociedade, chamadas períodos de acumulação, são considerados, com base nas obras americanas, como: época do nascimento dos super-heróis (que vai da criação do Super-homem ao final da Segunda Guerra Mundial); época da crise dos super-heróis (1945-1950); época da retomada e renovação (1950-1960); época do “envelhecimento” dos super-heróis (1960-1980); época da reorganização e inovação, que vai de 1980 até nossos dias. Dentre os agentes produtores de quadrinhos, a classificação é denominada em idade de ouro, de prata, de bronze (...) dos super-heróis (VIANA, 2011, p. 17). Ainda de acordo com Viana, os heróis, sobretudo no contexto das histórias em quadrinhos, foram os precursores dos super-heróis, ou seja, “*a existência dos heróis criou condições de possibilidade de surgimento dos super-heróis*”. A diferença entre os heróis (deuses antigos) e os super-heróis é que os primeiros são vistos como “verdadeiros” e os super-heróis são frutos da ficção científica (VIANA, 2011, p.19).

A historicidade da superaventura está intimamente relacionada com a historicidade da sociedade moderna, mas não se pode negar que alguns autores tiveram inspiração para criar super-heróis na mitologia grega ou nórdica (VIANA 2007 *apud* VIANA, 2011, p. 18). Segundo Viana (2011, p.16), os super-heróis surgiram nos EUA no período de crise do regime de acumulação, que são períodos da história da sociedade classificados em: extensivo (a partir da Revolução Industrial até segunda metade do século XIX), intensivo

---

<sup>11</sup> <http://globoTV.globo.com/rede-globo/the-ultimate-fighter-brasil/v/mutante-nocauteia-bodao-na-categoria-peso-medio-do-tuf-brasil/1997938/>

<sup>12</sup> <http://oglobo.globo.com/vestibular/enem-2012-jimi-hendrix-blitz-os-mutantes-na-prova-de-linguagens-6632418>

(da segunda metade do século XIX ao final da Segunda Guerra Mundial), intensivo-extensivo (término da segunda Guerra Mundial até 1970) e integral (de 1980 aos nossos dias). Os primeiros super-heróis são criados, nas histórias em quadrinhos, no período em torno da Segunda Guerra (por exemplo, Super-homem e Capitão América) como forma de expressar patriotismo americano e heroísmo diante do cenário mundial de Guerra.<sup>13</sup>

O livro “Super-heróis, Cultura e Sociedade”, organizado por Viana e Reblin (2011) no qual se embasa grande parte deste tópico da dissertação, em termos gerais, traz a seguinte afirmação: “*Quadrinhos e Cinema (e neles incutidos os super-heróis) são janelas da realidade, carregando as ambiguidades e vicissitudes, intencionalidades e perspicácias da vida humana*”. Os super-heróis são concebidos como produtos históricos e sociais, semelhante a qualquer outra produção cultural, e abarcam fatos e comportamentos humanos, os quais vêm sendo pesquisados nas áreas de sociologia, antropologia, filosofia e teologia (VIANA E REBLIN, 2011).

De acordo com Dyson (1998, p. 75), “*A ficção científica<sup>14</sup>, em determinado momento, [...] é mais esclarecedora do que a ciência para compreender como a tecnologia é vista por pessoas situadas fora da elite tecnológica*”. No entanto, a ficção científica sempre foi usada como uma forma de examinar a relação entre ciência, tecnologia e sociedade, como fonte de inspiração e como forma de mostrar o desenvolvimento científico, popularizando e difundindo ideias científicas (BRAKE E THORNTON, 2003).

Na obra de Adam Roberts (2000), fica evidente que, apesar de as pessoas terem uma noção do que vem a ser ficção científica (FC), é importante considerar definições apresentadas por Darko Suvin, Robert Scholes e Damien Broderick no contexto das pesquisas sobre ficção científica. Na definição de Suvin (1979 *apud* ROBERTS, 2000), autor mais antigo nessa área, a ficção científica é um gênero literário cujas condições necessárias são a presença e interação do estranhamento e da cognição, cujo principal dispositivo parte do quadro imaginativo para o ambiente empírico do autor da obra.

Os super-heróis *X-Men* (mutantes), criados por Stan Lee e Jack Kirby, tiveram sua origem no período pós-guerra, quando foram lançados ao público através de histórias em quadrinhos em gibi (1963). Relatos de pesquisas afirmam que os mutantes presentes nos gibis eram retratos da realidade no Japão após a Segunda Guerra Mundial. Algumas outras séries de gibis retratavam crianças vitimadas pelos efeitos da radiação atômica, tendo, na

---

<sup>13</sup> <http://www.revistainfinita.com.br/2012/01/super-herois-da-origem-ao-sucesso.html>

<sup>14</sup> Em sentido dicionarizado, ficção é o "ato ou efeito de fingir, simular; coisa imaginária, fantasia, invenção, criação" (FERREIRA, 2001), ou seja, uma forma de representar o mundo.

puberdade, essas mutações transformadas em poderes (ou super-poderes) manifestos. A imaginação “fértil” dos autores desse período criou a obra *X-Men* em que, “mutantes”, por não saberem utilizar ou controlar seus “poderes”, precisariam frequentar uma escola especial. Nessa escola, o professor, denominado professor Xavier, ou simplesmente, professor “X”, também mutante pela ação da radiação atômica, ensinaria os “prodígios mutantes” a manipularem as características que os transformariam em super-heróis. A mutação desses personagens localizava-se no gene X, por isso o nome dos mutantes: *X-Men* ou Homens-X. Nas histórias do *X-Men*, os mutantes “bons” lutam com os mutantes “maus” que pretendem subjugar a humanidade e comandá-la, como seres evoluídos, ou “*Homo superiores*” (GRESH e WEINBERG, 2005, cap.9).

No final da década de 1970, as histórias dos *X-Men* passaram por novas configurações e, finalmente, foram repaginadas por Chris Claremont que, astuciosamente, fundou sua imaginação na vida emocional e convincente do elenco (MORRISON, 2012). Morrison complementa que: “Os mutantes *X-Men*, na visão de Claremont, podiam ser adolescentes, gays, negros, irlandeses (...), pois ele sabia que um tsunami de pessoas descontentes estariam prontas para abraçar as tramas (MORRISON, 2012). Nas palavras de Gresh e Weinberg (2005), a inspiração de Claremont com as parcerias de Dave Cockrum e, posteriormente, com John Byrne, “firmou os *X-Men* como a revista em quadrinhos mais emocionante e inovadora de todos os tempos e que tem permanecido no topo das revistas desse gênero como a mais vendida do mundo nos últimos vinte anos. Além da marcante presença nas histórias em quadrinhos, personagens ditos “mutantes”<sup>15</sup> são encontrados atualmente na Internet, protagonizando mais de 20 filmes de ficção científica, além de desenhos animados.

De acordo com Gresh e Weinberg (2005), apesar da trama (narrativa ficcional) surgir antes dos personagens ditos “mutantes”, os mutantes fazem parte da realidade, sempre existiram e retratam, mesmo que na ficção, a história “real” da humanidade – que tem evoluído e mudado ao longo dos séculos.

---

<sup>15</sup> [http://www.filmesdecinema.com.br/filmes-de-mutantes/#container\\_resultado](http://www.filmesdecinema.com.br/filmes-de-mutantes/#container_resultado)

#### **1.4. Breve Relato da Trajetória do Ensino de Ciências no Brasil: Perspectivas para o Século XXI**

*“A educação representa o patrimônio científico-cultural da humanidade que é transmitido a cada geração”*

(FOUREZ, 1994).

De acordo com Veiga (1978), a forma como a sociedade se encontra organizada e o modelo de educação que prevalece num dado momento histórico estabelecem uma estreita relação que não pode ser ignorada quando se objetiva conhecer a evolução do ensino de Ciências.

Ao longo dos anos, modelos de educação sempre acompanharam as demandas da sociedade influenciando a formação e a manutenção da cultura. Importa ressaltar alguns episódios históricos, mundiais e nacionais para compreender as intenções que perpassavam o ensino de Ciências. Para tanto, destacamos alguns aspectos relevantes do ensino de Ciências numa breve retrospectiva histórica.

Após a Segunda Guerra Mundial, devido aos interesses políticos e de desenvolvimento científico das duas grandes potências mundiais (Estados Unidos e União Soviética), houve uma repaginação no quadro da educação científica mundial. O Brasil, sendo do bloco capitalista, passou a ter influências dos Estados Unidos, inclusive na disponibilização de materiais didáticos, na construção de conceitos científicos atualizados e conteúdos relevantes (BARRA & LORENZ, 1986, p. 1971). Segundo Abrantes (2008), a política brasileira de desenvolvimento da indústria e crescimento das cidades, evidenciava uma necessidade de mudanças tanto no ensino de Ciências quanto na pesquisa.

No que diz respeito à metodologia, na década de 1940, o ensino de ciências apresentava um caráter estritamente teórico (FATÁ, 2007). O professor era considerado o “dono” do saber e seus ensinamentos, inquestionáveis. Aos alunos, cabia o silêncio, a atenção e, conseqüentemente, a submissão frente aos conteúdos. A qualidade do curso era definida pela quantidade de conteúdos expostos e a única atividade prática que o aluno desenvolvia era responder ao clássico questionário. A partir dos anos 1950, as propostas educativas do ensino de ciências procuravam viabilizar o acesso dos estudantes às “verdades” científicas, valorizando o desenvolvimento de formas científicas de pensar e

agir (FROTA-PESSOA *et al.*, 1987 *apud* NASCIMENTO, FERNANDES E MENDONÇA, 2010).

Fatá (2007) constata que, na década de 1960, ainda no que diz respeito à metodologia de ensino, houve um pequeno “avanço” na prática pedagógica tradicional, pois alguns professores, após a explanação dos conteúdos, realizavam um experimento para ilustrar aquilo que havia sido apresentado teoricamente. Vale ressaltar que, até a promulgação da LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação) de 1961, as aulas de Ciências Naturais eram ministradas apenas nas duas últimas séries do antigo curso ginásial e, somente com a LDB de 1971 (Lei nº 5.692) a disciplina Ciências passou a ter caráter obrigatório nas oito séries do Ensino Fundamental (atualmente, 2º ao 9º Ano).

Respalhada no ideal político vigente, após 1964, a educação tomou novos rumos. O MEC (Ministério da Educação e Cultura) estabeleceu reformas educacionais no Ensino Superior e na Educação Básica. Tal cenário favoreceu o desenvolvimento da Pedagogia Tecnicista, que tinha como função adequar o sistema educacional brasileiro com a proposta econômica e política da época, preparando, dessa forma, mão de obra qualificada para atender a ascensão da indústria. Segundo Libâneo (1989), “*o interesse imediato dessa pedagogia era o de produzir indivíduos competentes para o mercado de trabalho, transmitindo, eficientemente, informações precisas, objetivas e rápidas.*”

A prática de ensino de ciências, na década de 1970, foi acompanhada pelo método da redescoberta. De acordo com Gaspar e Hamburger (1998), nesse método, a aprendizagem só poderia ocorrer se o aluno redescobrisse, no contato único e solitário com objetos, as ideias e os conceitos científicos. Os mesmos autores ainda comentam que esse método proporcionou resultados pouco alentadores e só se solidificou com as ideias Piagetianas sobre o desenvolvimento cognitivo dos alunos e a relação com os conteúdos abordados.

Apesar do relativo “avanço”, Krasilchik (2004) afirma que, nesse período, o ensino de ciências no país apresentou-se contraditório. Primeiro porque, embora documentos oficiais (LDB/1971) dessem o devido valor aos conteúdos científicos, o tempo de aula de ciências fora reduzido por força de um currículo de caráter tecnicista. Segundo, porque apesar dos currículos apresentarem propostas de atualização dos conhecimentos e a vivência do método científico, o ensino de ciências, na maioria das escolas brasileiras, continuava sendo teórico, segmentado e descritivo.

Na década de 1980 a educação passou a ser entendida como prática social (NASCIMENTO, FERNANDES E MENDONÇA, 2010) e quanto às estratégias didáticas no ensino de ciências, eram realizados inúmeros experimentos em atividades práticas e, a

partir desses os alunos chegavam a conclusões sobre determinado conceito (FATÁ, 2007). No entanto, Souza (2010) relata que as pesquisas sobre o ensino de ciências, realizadas nessa década, revelaram que essa prática de ensino, sem uma investigação mais apurada, tornava-se algo mecânico e não garantia a aprendizagem dos conceitos científicos.

Ao longo dos anos 80, várias proposições educacionais foram desenvolvidas por diversas correntes educativas, todas elas refletindo os anseios nacionais de redemocratização da sociedade brasileira. Segundo Candau (2000), os projetos educativos nesse período preconizavam a educação como prática social e emancipação do sujeito e do senso crítico, todos denotando uma perspectiva comum, uma nova democracia. Somente a partir dos anos 80, é que o ensino das Ciências Naturais se aproxima das Ciências Humanas e Sociais, reforçando a percepção da ciência como construção humana, e não como verdade natural. Com isso, nova importância é atribuída à História e à Filosofia da Ciência no processo educacional. Assim, a construção do conhecimento científico pelo estudante, passou ser a tônica da discussão na relação ensino-aprendizado (BRASIL, 1998-a).

Ainda nos anos 80, a preocupação com a reconstrução da sociedade democrática também repercutiu no ensino de ciências, novas concepções sobre o ensino surgiram e, como resultados, novos programas. Nessa época, foram estabelecidas a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), um novo programa para melhoria do Ensino de Ciências e Matemática (no período que se estendeu de 1983 a 1997), passando a constituir o Subprograma Educação para Ciência (SPEC). Os objetivos desses programas eram: melhorar o ensino de ciências; identificar, treinar e apoiar lideranças; aperfeiçoar a formação de professores; promover a busca de soluções locais para a melhoria do ensino; estimular a pesquisa e implantação de novas tecnologias (KRASILCHIK, 1987).

A década de 1990 caracterizou-se, segundo Fatá (2007), pelo projeto da Interdisciplinaridade. A interação entre as disciplinas das áreas humanas, exatas e científicas visava ao enriquecimento e à ampliação do conhecimento num mundo agora globalizado. Foi ainda nessa década que o discurso de educação para a formação da cidadania teve sua gênese e, intrínseco a esta proposta, as metodologias que buscavam despertar o senso crítico do indivíduo, como sua participação ativa em decisões da vida em sociedade. Com isso, as relações entre ciência, tecnologia e sociedade tornaram-se mais atreladas o que, de acordo com Macedo (2004), passou a ser um dever do ensino de ciências: *“criar condições para que os estudantes desenvolvessem uma postura crítica em*

*relação aos conhecimentos científicos e tecnológicos, relacionando-os aos comportamentos do homem diante da natureza.”*

No entanto, apesar das configurações ao longo dos anos, o ensino de ciências no século XXI continua sendo informativo e descontextualizado (NASCIMENTO, FERNANDES E MENDONÇA, 2010). E há autores, como Pereira (1996), que relatam que o Brasil vive nesse início de século uma grave crise na educação científica, especialmente pela inadequação dos métodos didáticos e dos currículos que não se adaptaram às necessidades da atualidade essencialmente tecnológica.

O ensino de ciências está, portanto, diante de um novo desafio, que é servir de fio condutor dos saberes científicos atualizados e transversais, recomendados nos Parâmetros Curriculares Nacionais (FATÁ, 2007).

#### **1.4.1. Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e a Biotecnologia**

*“Nenhum período da história foi mais penetrado pelas Ciências Naturais nem mais dependente delas do que o século XX. Contudo, nenhum período, desde a retratação de Galileu, se sentiu menos à vontade com elas”*

(HOBSBAWN, 1995).

Hobsbawn (1995) observa que privar a população de um país do conhecimento científico/tecnológico é torná-la cada vez mais submissa a uma condição de domínio e subjugação cultural e econômica. Assim, ignorar no ensino de ciências a abordagem de temas atuais seria uma forma de negligenciar a formação da cidadania.

Em 1934, foi citada pela primeira vez, na Constituição brasileira, uma Lei que priorizava a definição e a regularização do sistema educacional brasileiro, mas, apenas em 1961, é que a primeira Lei de Diretrizes e Bases (LDB) da educação foi estabelecida no Brasil. Uma nova versão foi criada em 1971 e perdurou até a promulgação da mais recente em 1996. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) foram estabelecidos pela Lei nº 9 394 e vigoram até nossos dias. Ali constam os currículos de base para a educação básica de todas as disciplinas, que têm o intuito de orientar os professores na atualização dos

conteúdos e metodologias que possam salvaguardar uma geração apta ao desenvolvimento da ciência e da cidadania.

Um dos itens dos PCN em Ciências Naturais para o Ensino Fundamental (3º e 4º ciclos) dispõe que os alunos devem aprender a posicionar-se, perante a sociedade, de maneira crítica, responsável e construtiva, utilizando o diálogo como forma de mediar conflitos e tomar decisões coletivas, utilizando diferentes fontes de informações e tecnologias. Os PCNs de Ciências Naturais também apresentam propostas para a prática de ensino, procurando dar ao professor orientações para melhoria de suas atividades enquanto mediador do conhecimento. Dessa forma, uma importante sugestão dos PCNs é que o docente incorpore, nas aulas, temáticas científicas atuais, capacitando os alunos a analisarem e discutirem conceitos que implicam os alcances da ciência (RIFKIN, 2005).

Os PCNs de Ciências Naturais contemplam ainda os seguintes eixos temáticos: Vida e Ambiente, Ser Humano e Saúde, Tecnologia e Sociedade, Terra e Universo. A proposta deste documento é integrar aspectos do ambiente, da sociedade, da ciência e da tecnologia, num quadro onde a educação científica só faz sentido se organizada como educação para a cidadania (ALMEIDA *et al.*, 2001).

Para que as competências sugeridas pelos PCNs possam ser bem sucedidas, o processo ensino-aprendizagem precisa estar aliado à interdisciplinaridade e à transversalidade (BRASIL, 1999). A transversalidade diz respeito à possibilidade de se estabelecer, no contexto escolar, uma relação que discuta os conhecimentos teóricos sistematizados em interfaces com a realidade de vida do aluno (BRASIL, 1998-b).

Vale (1998) afirma que *“os conhecimentos em genética molecular geraram um grande desafio e uma grande responsabilidade, pois o domínio desses conhecimentos são essenciais para a compreensão do mundo, dos limites e possibilidades da ciência”*. Myriam Krasilchick (2004) acrescenta que esse desafio de integrar novos temas (avanços científicos) aos tradicionais do ensino é imprescindível a uma atuação docente consistente e coerente com as perspectivas do ensino de ciências neste século, contribuindo para que os alunos não permaneçam alienados com as descobertas de seu tempo e usufruam desses conhecimentos para a melhoria da qualidade de vida da sua comunidade. Portanto, com os avanços atuais evidenciados, especialmente na genética, a educação brasileira precisa adequar-se a esta realidade, aproximando a escola dos novos conceitos (INOCÊNCIO *et al.*, 2001).

### 1.4.2. Currículo de Ciências para o 7º Ano do Ensino Fundamental

Nos documentos disponibilizados via internet, em 2010 e 2012, pelas Secretarias Estadual<sup>16</sup> e Municipal<sup>17</sup> de Educação do Rio de Janeiro, conhecidas, respectivamente, pelas siglas SEEDUC (Secretaria Estadual de Educação) e SME (Secretaria Municipal de Educação), constam os conteúdos a serem trabalhados, na rede pública de ensino, em cada ano escolar. Esses documentos apresentam o “currículo mínimo”, e não limitam os conteúdos que devem ser ensinados pelos professores da educação básica, mas destacam os conteúdos essenciais, os quais devem estar, obrigatoriamente, no planejamento do curso de Ciências. Desta forma, os documentos permitem a inserção de novos temas pertinentes aos conteúdos ditos “mínimos” ao ensino.

Para posterior discussão com relação ao conceito de mutação, interesse do presente trabalho, fizemos um recorte dentre os conteúdos e objetivos designados pela SEEDUC para o ensino de Ciências no que diz respeito ao 7º Ano do Ensino Fundamental. São eles:

- Discutir o desenvolvimento da vida, a expansão pelos ecossistemas aquáticos e a conquista do ambiente terrestre;
- Conhecer as teorias evolutivas;
- Analisar a importância dos fósseis como marcos do processo evolutivo;
- Compreender a Seleção Natural através de evidências adaptativas e das relações entre o sucesso reprodutivo de uma espécie e sua adaptação ao ambiente;
- Compreender a biodiversidade a partir da história geológica da Terra e da vida, ressaltando sua origem e sua evolução;
- Relacionar as características dos seres vivos, classificando-os em Reinos e principais categorias taxonômicas;
- Discutir as diversidades biológicas, apontando para evolução, organização e adaptações;
- Descrever as características gerais, aspectos econômicos e patologias dos principais grupos Monera, Protista, Fungi, Vegetal e Animal;
- Entender as relações entre seres vivos e saúde;
- Discutir aspectos tais como controle biológico, plantas medicinais, biopirataria, patentes, transgênicos, transformações ambientais, seres em risco de extinção;

---

<sup>16</sup> <http://www.rj.gov.br/web/seeduc/exibeconteudo?article-id=759820>,  
[http://www.conexao professor.rj.gov.br/downloads/CIENCIAS\\_Biologia\\_Fisica\\_Quimica.pdf](http://www.conexao professor.rj.gov.br/downloads/CIENCIAS_Biologia_Fisica_Quimica.pdf)

<sup>17</sup> <http://www.docstoc.com/docs/32940302/CI%C3%80NCIAS-NO-ENSINO-FUNDAMENTAL>

- Debater os fatores abióticos e bióticos que interferem no equilíbrio das populações, bem como os desequilíbrios ambientais causados pela interferência humana;
- Discutir possibilidades de intervenção regional, na busca de alternativas para os problemas sócio-ambientais.

No caso do documento disponibilizado pela SME, os conteúdos sugeridos para cada o ano escolar, são chamados de “descritores”. Nos descritores de Ciências para o 7º Ano do Ensino Fundamental (num recorte), está colocado que os alunos devem alcançar os seguintes objetivos:

- Compreender a origem da diversidade dos seres vivos;
- Compreender a relação entre as características dos seres vivos e adaptações ao ambiente;
- Aplicar o conceito de Seleção Natural.

Nas Orientações Curriculares Revisitadas 2012<sup>18</sup>, os objetivos são:

- Destacar elementos que permitam aos educandos entenderem os processos biológicos e apreciarem a diversidade dos seres vivos e dos fenômenos naturais, assim como os seus fundamentos;
- Desenvolver um olhar crítico sobre sua ação individual e coletiva quanto à incorporação dos conhecimentos científicos (...);
- Enfatizar as aplicações e as intervenções que a ciência e a tecnologia têm produzido na história da humanidade, nos campos da saúde, agricultura, indústria, etc.

Nas primeiras páginas das orientações curriculares, estão discriminadas as “Posturas e Estratégias pedagógicas”, enfatizando que os professores devem:

- Reconhecer a importância do conhecimento prévio dos estudantes como elemento fundamental a ser considerado no processo de ensino e aprendizagem;
- Considerar os contextos de vivência/existência dos alunos e os problemas da contemporaneidade como importantes objetos de estudo, investigação e intervenção;
- Privilegiar conceitos centrais e ideias-chaves que estruturam o saber das Ciências Naturais promovendo, de modo progressivo, oportunidades para a compreensão e apropriação deles;
- Estabelecer maior comunicação entre os vários saberes que compõem a área das Ciências Naturais com vistas à necessária integração promovendo reflexões sobre a natureza das ciências e suas relações com a tecnologia e a sociedade contemporânea;
- Desenvolver estratégias diversificadas de ensino.

---

<sup>18</sup> <http://200.141.78.79/dlstatic/10112/2565802/DLFE-242909.pdf/ORIENTACOESCURRICULARESDECIENCIASALTERADA.pdf>

Os descritores dispõem, dentre outros conteúdos para o 4º bimestre letivo, o ensino de: Alimentos e tecnologia; Transgênicos; Orgânicos; Biopirataria; Princípios ativos farmacológicos. Esses conteúdos são apresentados no item “Desafios Atuais”.

### **1.5. Ensino de Genética e Biotecnologia**

*“A visualização exerce um papel crucial como ferramenta conceitual no ensino, transformando, assim, a maneira como nós pensamos sobre os fenômenos relacionados a diferentes domínios da ciência”*

(TIBELL E RUNDGREN, 2010).

A dificuldade de estudantes em entender genética é um dos campos mais estudados na pesquisa educacional da ciência molecular (KNIPPELS *et al.*, 2005). Igualmente, as pesquisas que buscam identificar as dificuldades encontradas pelos professores apontam como problemáticas as questões relacionadas com conceitos em genética e o ensino da genética e suas tecnologias (JUSTINA, FERRARI E ROSA, 2000; BANET & AYUSO, 1995). No artigo de Scheid, Ferrari e Delizoicov, publicado na revista *Ciência e Educação*, em 2006, os autores comentam que diversas pesquisas em ensino de genética têm sido feitas, especialmente sobre os conhecimentos e a percepção que os alunos dos anos finais de escolaridade obrigatória apresentam sobre os conceitos e as novas tecnologias a partir da genética. Os resultados, neste trabalho, mostraram que nem mesmo os conceitos básicos em genética são compreendidos pelos alunos.

Pesquisa realizada por Bahar, Johstone e Hansell (1999) com estudantes do 1º Ano de graduação em Biologia na Escócia evidenciou que os conteúdos de genética são indicados como os mais difíceis de serem compreendidos. Os autores comentam que dificuldades em genética devem acontecer pelo fato de seus conceitos perpassarem a compreensão do macro (tangível) ao abstrato (micro, submicro ou molecular), sendo representados ainda por símbolos, que, muitas vezes, envolvem números (matemática), além do pouco tempo disponibilizado ao seu estudo (somente os anos finais da educação básica). Interessante ressaltar que esta pesquisa tinha por objetivo revisar as dificuldades apresentadas por alunos escoceses em Biologia, já que outro trabalho, publicado 15 anos antes, já indicava que as maiores dificuldades dos alunos da educação básica e superior

daquele país, em Biologia, giravam em torno da compreensão do transporte de água nas plantas e da genética. Cientes desse fato, mudanças foram feitas no currículo e, por isso, a revisita a esses tópicos. Dentre os seis temas indicados pelos alunos como os mais difíceis, cinco permaneciam na área de genética e que, com as significativas mudanças no currículo, supostamente o tempo de aula disponibilizado, o conceito de transporte de água nas plantas passou a ser considerado pelos alunos como um dos mais fáceis.

Numa lista elaborada pelos pesquisadores, com 36 conceitos julgados mais importantes em Biologia, o conceito de mutação foi indicado como o 6º mais difícil. Em entrevista, um aluno relatou: *“Eu não poderia dizer que sei o significado de mutação... Eu não entendia por que ela é uma fonte de variação, mas aprendi os tipos de mutação”* (BAHAR, JOHSTONE E HANSELL, 1999).

Pesquisa similar foi feita com alunos turcos e os resultados apontaram que, dos cinco temas indicados como mais difíceis de serem compreendidos pelos alunos, três eram de genética. As justificativas apresentadas pelos alunos pesquisados foram relacionadas à falta de atividades práticas, à terminologia de determinadas palavras que ainda não se encontram no idioma turco, à falta de figuras ilustrativas nos livros didáticos e, especialmente, o pouco tempo de aula disponibilizado para os temas (TEKKA YA, ÖZKAN E SUNGUR, 2001).

Ainda no contexto internacional, artigo publicado por Ando e colaboradores (2008) intitulado “conhecimentos e impressões sobre o conceito de mutação entre os estudantes universitários japoneses” revela que estudantes da Área Biomédica, no Japão, apresentam diferentes impressões sobre o conceito de mutação, sendo, majoritariamente de teor negativo. O artigo é finalizado enfatizando as significativas relações do projeto genoma com a saúde humana, sendo indiscutível a importância da abordagem do conceito de mutação na Educação Básica e Superior neste século (ANDO *et al.*, 2008).

Lannes e colaboradores (1998) já diziam que, com o dinâmico surgimento de novos conhecimentos científicos, contínuas mudanças na forma como se ensina ciências precisariam acontecer. Visto que os temas em genética têm sido de grande valia à compreensão de biotecnologias atuais e mesmo à qualidade de vida humana, várias propostas têm sido feitas para facilitar o ensino e a compreensão de temas relacionados a esses conhecimentos, entre elas, a utilização de modelos didáticos nas aulas (RUNDGREN E TIBELL, 2009).

Vygotsky (2001) coloca que:

*“Um conceito é mais do que a soma de certos vínculos associativos formados pela memória; é mais do que um simples hábito mental; é um ato real e complexo de pensamento que não pode ser aprendido por meio de simples memorização”* (VYGOTSKY, 2001, p. 246).

Duval (1993) enfatizou que a aprendizagem torna-se mais coerente quando também se associa às representações visuais, aumentando a extensão da capacidade mental. Nesse contexto, ao longo dos anos, vários modelos didáticos passaram a permear o ensino de ciências, como as figuras ilustrativas, trazidas pelos livros didáticos, que induzem os alunos a conectarem mentalmente um modelo explicativo a determinado conceito ou fenômeno por escrito. Segundo Reigota (1998), é inegável o papel construtivo das figuras nos livros didáticos, pois são elas que, muitas vezes, fazem a ancoragem e a cristalização de certas concepções da realidade. Ainda para Reigota, as imagens pictóricas, impressas em duas dimensões, vêm sendo utilizadas nos livros didáticos há anos e, pela “visualização” facilitam a compreensão de conceitos científicos.

O conceito de modelo didático alcançou uma grande importância na pesquisa em ensino de ciências a partir da segunda metade dos anos 1990. De acordo com Greca e Moreira (2002), a expectativa é de que os conceitos necessários para a compreensão dos novos rumos da ciência (Biologia celular/Genética) sejam adquiridos na sala de aula por meio de práticas e modelos didáticos que contemplem a investigação científica e o estudo dos problemas atuais.

Os modelos didáticos, especialmente em três dimensões têm se mostrado eficazes no ensino especialmente por tornar os temas abstratos mais concretos e significativos. Como afirma Pietrocola (2001), *“A modelação é introduzida como instância mediadora entre o teórico e o empírico e pode ser abordada na medida em que se procuram relações entre as abstrações e os dados empíricos.”* Além disso, os modelos didáticos facilitam a realização das aulas práticas em qualquer ambiente físico.

Muitos autores reconhecem a importância dos modelos didáticos na relação ensino-aprendizagem em ciências. Colinuax (1998), por exemplo, afirma que a utilização de modelos didáticos em ciências é relevante, pois o ser humano se utiliza de modelos para

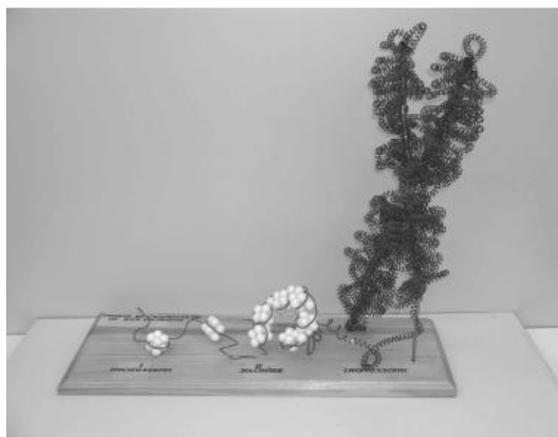
explicar o mundo à sua volta. Krasilchick (2004) salienta que os modelos didáticos são um dos recursos mais utilizados em aulas de Biologia neste século, especialmente por mostrar estruturas em três dimensões, mas diz que é de extrema importância que o aluno participe do processo de construção dos mesmos ou aprenda através da manipulação dos modelos. Segundo Flor (2004), quando esses modelos são articulados à teorias e leis, há a correlação entre o conhecimento científico e o mundo real.

Nuñez e Lima (2005), no entanto, salientam que a construção e a apresentação dos modelos didáticos precisam seguir alguns parâmetros importantes. Por exemplo, devem cumprir determinado nível de analogia estrutural e funcional com a realidade, mas deve ser considerado que são construções provisórias, que não contemplam, em absoluto, a realidade.

Brandão e Acedo (2000) também defendem a utilização de modelos didáticos no ensino (especialmente de Genética) como facilitadores da compreensão da ciência e Pozo e Crespo (1998) afirmam que os modelos são um processo representacional que faz uso de imagens, analogias e metáforas para auxiliar a compreensão de conceitos que podem se apresentar difíceis pelo fato de serem abstratos.

Um exemplo clássico de modelação, na área de Genética, é a estrutura da dupla hélice da molécula de DNA, sugerida por James Watson, Francis Crick, Maurice Wilkins e Rosalind Franklin em 1953.

Dentre muitos modelos didáticos criados para representar e reproduzir a compactação do DNA eucarioto, destacamos o de Justina e Ferla, produzido em 2006 (Figura 1.1).

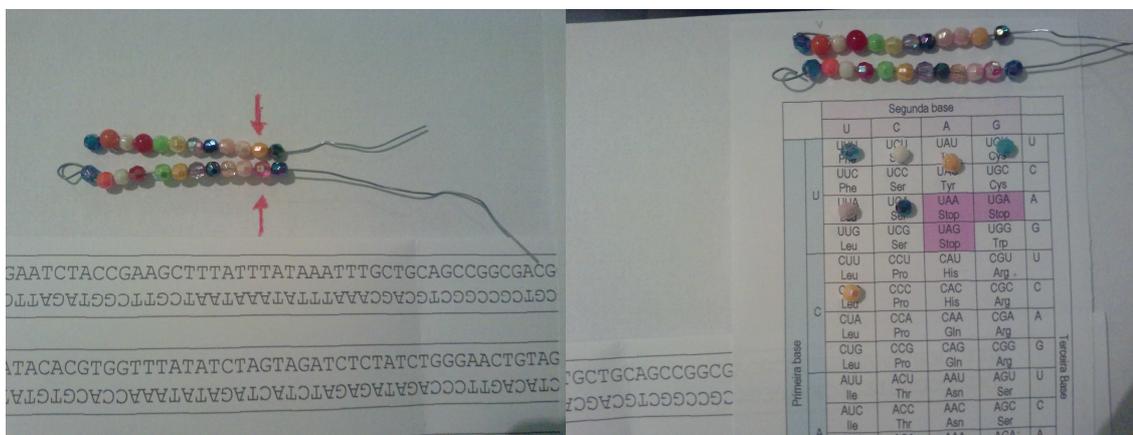


**Figura 1.1. Representação do DNA eucarioto e seus diferentes níveis de compactação.  
Fonte: Justina e Ferla, 2006.**

Segundo Orlando e colaboradores (2009), Citologia é o conteúdo que mais requer a elaboração de material didático de apoio ao conteúdo presente nos livros, já que emprega

conceitos bastante abstratos e trabalha com estruturas microscópicas. De acordo com os autores, as estruturas tridimensionais, semi-planas (alto relevo) e coloridas dos modelos didáticos estimulam o aprendizado, complementando o conteúdo escrito dos livros. Além do mais, esses modelos podem ser manipulados e visualizados de vários ângulos, melhorando, assim, a compreensão dos alunos.

Uma atividade prática envolvendo mutações pontuais está sendo testada em algumas escolas públicas do Rio de Janeiro e foi utilizada em oficina com congressistas no III ENENCIÊNCIAS (Encontro Nacional de Ensino de Ciências, UFF, 2012)<sup>19</sup>. Em comunicação oral, a coordenadora da oficina, Dr<sup>a</sup> Gerlinde Teixeira, explicou que, em tal atividade, os alunos determinam cores de miçangas para cada códon (sequência de três bases codificantes de cada aminoácido específico) e, seguindo a prescrição do folheto explicativo, verificam a ocorrência das mutações pontuais (miçanga com cor que não corresponde à leitura do código genético). Através dessa atividade prática, os alunos podem compreender como alterações nas proteínas podem se correlacionar com as mutações do material genético. A figura 1.2 ilustra uma das atividades realizadas na Oficina de Mutação Pontual.

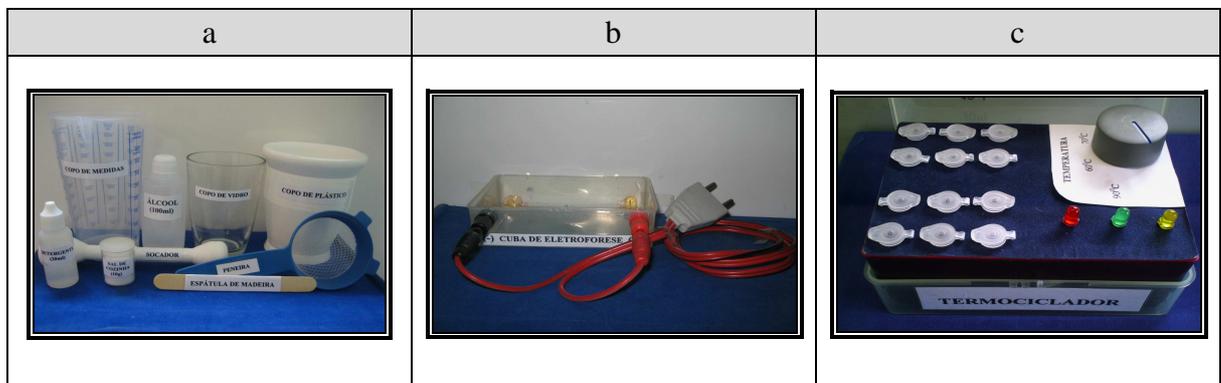


**Figura 1.2. Exemplo de atividade realizada em oficina sobre mutação pontual.**  
**Fonte: Oficina “Mutação Pontual”- III ENENCIÊNCIAS, UFF, 2012.**

Um exemplo de material didático para o ensino de Biotecnologia (vinculação genética entre indivíduos) foi criado por Ramos (2009). O material didático teve, como objetivo final, demonstrar a metodologia do teste de paternidade. Através desse modelo didático, os alunos realizam práticas de extração de DNA, separação de moléculas em sistema eletroforético. O autor do trabalho, o material didático para realização de testes de

<sup>19</sup> <http://www.ensinosauambiente.com.br/enencias/>

paternidade permitiu o desenvolvimento de uma ferramenta didática de fácil manuseio, com materiais de consumo de baixo custo, possibilitando a compreensão de diferentes conceitos de Biologia Molecular que estão associados à análise de vínculo genético entre indivíduos. O modelo também contém um protótipo de termociclador, para auxiliar na compreensão da técnica de PCR (Figura 1.3).



**Figura 1.3. (a) Materiais e reagentes químicos utilizados na extração de DNA; (b) Cuba eletroforética; (c) Protótipo do aparelho termociclador. Fonte: Ramos, 2009.**

Gilbert e Boulter (1998) afirmam que a aprendizagem em ciências está diretamente envolvida com a natureza dos modelos. Logo, esses devem ser explorados dentro de uma visão construtivista, promovendo o aprendizado como parte da rotina diária de sala de aula.

## **2 - OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

Discutir a concepção de discentes do 7º Ano do Ensino Fundamental sobre o conceito de mutação biológica, verificando as interfaces estabelecidas pelos discentes entre esse conceito e tópicos pertinentes ao ensino de Ciências.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar as concepções prévias dos discentes de uma turma do 7º Ano do Ensino Fundamental sobre o conceito de mutação e as fontes de informação que embasam tais concepções.

- Analisar a validade de oficinas didáticas como recurso para o estabelecimento, por parte dos discentes, das correlações entre o conceito de mutação biológica e tópicos comuns ao ensino de Ciências, como biodiversidade, saúde e biotecnologia.

### **3 - PERCURSO METODOLÓGICO:**

Este trabalho se insere em um referencial teórico-metodológico qualitativo e foi realizado em uma turma de 7º Ano do Ensino Fundamental de uma escola da Rede Estadual de ensino (CIEP 089-Graciliano Ramos), localizada no bairro Pantanal, Duque de Caxias-RJ. O termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 1) foi entregue a cada aluno e ao respectivo responsável antes das coletadas realizadas em 2011 e 2012 e somente após obtenção da assinatura de ambos, as gravações e participações foram consideradas.

#### **3.1. Coleta de Dados**

Consolidados os trâmites institucionais de aprovação do comitê de ética da Fiocruz (Apêndice A) e da escola (CIEP), foi apresentada à turma a proposta de pesquisa, assim como os termos de consentimento livre e esclarecido, os quais foram lidos e explicados para os alunos. Outra via de igual teor foi enviada aos responsáveis para que, mediante a autorização, o trabalho fosse iniciado.

A primeira coleta de dados foi realizada no dia 03 de outubro de 2011, quando foi solicitado aos alunos uma representação gráfica (desenho) que expressasse sua concepção (ideia) individual sobre “mutação”, que, neste momento, precisou ser tratada por sua variante, a palavra “mutante”, uma vez que os alunos expressaram verbalmente que não conheciam a primeira palavra citada.

Para coleta de dados, os alunos foram dispostos separadamente em sala de aula, onde receberam, individualmente, uma folha de papel A4 em branco na qual deveriam realizar seus desenhos, num período de 10 minutos.

Em outra sala, devidamente preparada para a gravação das entrevistas, cada aluno (no total de 21), foi convidado, por vez, para que, de forma livre, conversasse sobre o tema representado graficamente. Os demais alunos permaneceram na sala original realizando outras tarefas de ciências referentes aos conteúdos bimestrais com o auxílio da professora.

O tipo de entrevista que foi realizado é classificado por Bardin (2011, p. 93) como semidiretiva (também chamada com plano, com guia, focalizada e integralmente transcrita).

As perguntas utilizadas na entrevista seguiram o seguinte roteiro:

- Você sabe o que é mutação? E mutante? De onde tirou esta ideia?
- Você acha que isso tem alguma relação com ciências? Explique...

Na tentativa de se obter maiores esclarecimentos sobre o desenho, os mesmos foram colocados diante dos respectivos autores para que expressassem, agora, em palavras:

- O que queriam dizer com este desenho?
- É inédito ou inspirado? Onde?
- Acha que poderia ser “real”?

Coletados os primeiros dados, prosseguimos com uma pré-análise, a qual, de acordo com Bardin (2011, p.126) consiste de uma leitura flutuante, um primeiro contato com os documentos. A partir dessa análise inicial, em que os conhecimentos prévios dos alunos foram considerados, foi possível organizar as estratégias de ensino-aprendizagem para este grupo de alunos.

Posteriormente, foram organizadas oficinas por temas e estratégias didáticas diferenciadas que se encontram detalhadas no Apêndice B.

No total, foram realizadas oito oficinas girando em torno de quatro temas que relacionavam o conceito de mutação biológica com assuntos tradicionais do ensino de ciências trabalhados no 7º Ano do Ensino Fundamental bem como a temas transversais dos PCNs, como Tecnologia e Sociedade e Saúde e Ambiente.

Os temas foram intitulados: 1- Mutação e Material Genético; 2- Mutação e Diversidade Biológica; 3- Mutação e Biotecnologia; 4- Mutação e Saúde.

As oficinas foram realizadas uma vez por semana durante dois meses, sendo que cada tema foi ofertado a cada duas semanas, utilizando dois dos quatro tempos de aulas de ciências semanais. Cada tempo de aula equivalia a 50 minutos, totalizando 100 minutos de oficinas por semana.

Esta parte da pesquisa foi concluída no dia 07 de dezembro de 2011, quando os alunos foram convidados a expressar, mais uma vez, suas concepções sobre mutações através de representações gráficas e entrevistas, o que correspondeu a 2ª coleta de dados.

Decorridos sete meses da 2ª coleta de dados, foi realizada uma 3ª coleta de dados, em 2012, por intermédio da professora de Ciências responsável pela turma em que se encontrava a maioria dos alunos que participaram das primeiras coletas, em 2011. Nessa terceira e última coleta, validamos os dados de 19 alunos que participaram das duas coletas anteriores, quando, mais uma vez, foram convidados a representar graficamente e escrever sobre suas concepções quanto ao tema “mutação”/“mutante” e de mais 15 alunos que não participaram das coletas anteriores. Nessa última coleta de dados, não houve entrevista.

Durante a realização de todas as oficinas, as falas e materiais produzidos pelos alunos, em grupo ou individualmente, foram videogravadas e fotografadas. As falas e

representações gráficas de 10 alunos que participaram das três coletas de dados foram inseridas em uma única tabela (Apêndice D) para fins de comparação e análise. Optamos por não inserir todas as concepções apresentadas na tabela que consta no Apêndice D, mas contabilizá-las e discuti-las em capítulo específico pela similaridade (ou redundância) de concepções apresentadas ao longo das oficinas ou pela dificuldade de leitura de determinadas representações gráficas (feitas a lápis) quando digitalizadas.

### **3.2. Fundamentação Teórica**

*“O homem nada pode aprender senão em virtude do que já sabe”*  
(ARISTÓTELES).

Nesta dissertação, foram eleitos alguns referenciais teóricos que embasam a discussão dos resultados alcançados. Apesar da importância das diferentes correntes teóricas sobre o ensino, o Construtivismo tem se apresentado nos últimos anos como uma concepção eficaz no despertar do interesse discente e na estruturação do conhecimento, coerente com o ideário dos PCNs e com a realidade da sociedade do século XXI.

A concepção construtivista pode ser entendida como uma das correntes teóricas empenhadas em explicar como a inteligência humana se desenvolve, partindo do princípio de que seu desenvolvimento é determinado pelas ações mútuas entre o indivíduo e o meio em que está inserido (CARRETERO, 2002). Logo, a ideologia construtivista concebe que o homem não é passivo aos estímulos externos, buscando sempre uma forma de interagir com eles para construir e organizar o seu próprio conhecimento de forma cada vez mais elaborada (LA TAILLE *et al.*, 1992). Tem como base que aprender, assim como ensinar, é algo que diz respeito a construir um novo conhecimento, descobrindo uma nova forma de percepção para um dado fenômeno.

Embasados na corrente filosófica construtivista, precisamente na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) proposta por David Ausubel (1963, 1968, 2003), acreditamos que uma etapa fundamental para que novos conhecimentos possam ser construídos significativamente é ancorá-los aos conhecimentos prévios do aluno (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2011), amparados igualmente na noção de perfil conceitual proposto por Eduardo Mortimer (1996). A noção de perfil conceitual permite

entender a evolução das ideias dos estudantes em sala de aula, não como uma substituição de ideias alternativas por ideias científicas, mas como a evolução de perfis de concepções.

De acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa, é necessário que o novo conhecimento seja, para a estrutura cognitiva do aprendiz, algo relevante, ou seja, algo relacionado com o seu subsunçor<sup>20</sup> (conhecimento prévio), que pode ser uma imagem, um símbolo, uma proposição ou um conceito, já significativos para o aluno (AUSUBEL, 2003, p.8; MOREIRA, 2011, p.161). No processo educativo, é preciso que haja uma interação de forma não-literal e não-arbitrária entre o subsunçor e o conhecimento a ser ensinado (AUSUBEL, NOVAK E HANESIAN, 1980). Entendendo a estrutura cognitiva do aprendiz como um sistema hierárquico, cujos conceitos vão sendo organizados de acordo com as experiências sensoriais (MOREIRA, 2011, p.161), quanto mais estável e organizada for a estrutura cognitiva do aluno, maiores serão as possibilidades de percepção e assimilação das novas informações e, conseqüentemente, maior será sua capacidade para aprender novos conceitos e agir na sua realidade (LEMOS, 2006).

No entanto, importa ressaltar que no contexto da Teoria da Aprendizagem Significativa, o termo “significativo” está relacionado com “atribuir significados”, ou seja, implica uma percepção, um processamento individual ou concepções representadas mentalmente pelo aluno que nem sempre estarão ligadas a ideias importantes ou cientificamente corretas (LEMOS, 2006; MOREIRA, 2008). Desenvolvida numa perspectiva construtivista, a TAS enfatiza que é tarefa do professor selecionar quais são os conceitos centrais da matéria a ser ensinada, identificar o que o aluno já sabe e analisar a relação entre ambos, para, então, definir que metodologia é mais apropriada para mediar o conhecimento (AUSUBEL *et al.*, 1980 *apud* LEMOS, 2008). A TAS orienta que o mediador precisa considerar que as condições no processo educacional sejam próprias para que a aprendizagem se realize, que os conceitos a serem ensinados sejam adequados à estrutura cognitiva do aluno e que os alunos tenham intenção por aprender (MOREIRA, 2011).

Gagliardi (1986) questiona quais temas ou conceitos centrais poderiam facilitar o processo de ensino e aprendizagem. Em suas pesquisas, utiliza o termo “Conceitos Estruturantes” como conceitos centrais, ou seja, conceitos que serviriam de alicerce à compreensão de outros conceitos.

---

<sup>20</sup> A palavra “subsunçor” não existe em português; trata-se de uma tentativa de “aportuguesar” a palavra inglesa “subsumer”. Seria equivalente a inseridor, facilitador ou subordinador (MOREIRA, 2011, p.161).

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sendo esta pesquisa de cunho qualitativo, o conteúdo das falas e representações gráficas (desenhos) são a base para análise e discussão, tornando de valor ímpar, ressaltar o contexto em que a mesma foi desenvolvida (BARDIN, 2011).

Visando propiciar uma noção panorâmica do contexto em que foi realizada a pesquisa, buscamos responder, como sugere Bardin (2011, p. 145), questões como: “*Quem é que fala a quem e em que circunstâncias? Qual é o montante e o lugar da comunicação?*” E delinear demograficamente a região em que a pesquisa se desenvolveu utilizando dados do IBGE e dados do censo 2010<sup>21</sup>. Com relação aos perfis acadêmico e socioeconômico dos alunos participantes, optamos por utilizar dados já disponibilizados na secretaria da escola.

Os dados apresentados neste tópico foram publicados em 2012 (NASCIMENTO E MEIRELLES, 2012). A pesquisa foi realizada no CIEP 089, localizado no bairro Pantanal, no município de Duque de Caxias, Estado do Rio de Janeiro, no período de outubro a dezembro de 2011 e em julho de 2012. O bairro Pantanal fica localizado no 2º Distrito de Duque de Caxias que apresenta, como município da Baixada Fluminense, um índice populacional estimado em 867. 067 pessoas, numa área de 467. 619 Km<sup>2</sup> e densidade demográfica em torno de 1. 828. 51 hab/Km<sup>2</sup>. A renda familiar analisada a partir da leitura dos documentos arquivados na escola foi relatada como inferior a um salário mínimo. Estes dados são corroborados pelo estudo de Cruz (2012), o qual discutiu o IDEB (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica) e a renda familiar na região. Em geral a renda da maioria das famílias da Baixada Fluminense se encontra inferior à 65% do salário mínimo e o nível de formação acadêmica gira em torno do Ensino Fundamental incompleto (CRUZ, 2012).

O CIEP 089 foi fundado em 1988, inicialmente comportando 18 turmas de 1º segmento do Ensino Fundamental. Em 2011, a escola tinha 39 turmas de alunos no 2º segmento do Ensino Fundamental e no Ensino Médio, nos três turnos, com 10% de taxa de evasão e 30% a 50% de reprovação. Na avaliação do IDEB, em 2011, a escola obteve 2,7 como resultado<sup>22</sup>. Importa ressaltar que esse número se encontra muito aquém da nota

---

<sup>21</sup> <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>

<sup>22</sup> O IDEB é uma avaliação da educação pública nacional com base nos conhecimentos dos alunos em língua portuguesa e matemática por meio da multiplicação do fluxo de alunos pela aprendizagem nessas disciplinas.

máxima (10) e inferior à meta projetada para esta Instituição (3,2).<sup>23</sup> Este resultado reforça a crise na educação pública nos municípios da Baixada Fluminense, a qual tem sido avaliada como uma das piores diante do cenário nacional.

A autora dessa dissertação, no momento da pesquisa, era professora na disciplina Biologia, oferecida no Ensino Médio pelo CIEP 089.

Para a escolha da turma que participaria da pesquisa, foi averiguada a frequência no período da manhã, sendo escolhida uma dentre três turmas de 7º Ano, que apresentava maior número de alunos assíduos (frequência acima de 80%).

A faixa etária dos alunos participantes variou de 12 a 15 anos, sendo 14 do sexo feminino e oito do sexo masculino. O contexto econômico e social era de extrema carência, existindo pelo menos três alunos moradores de abrigos públicos. Pelo fato de alguns alunos não terem o convívio com o responsável, foram encontradas algumas dificuldades com as assinaturas do termo de consentimento livre e esclarecido, sendo, portanto, validados 21 termos, dos 30 alunos matriculados.

Cerca de 30% dos alunos eram beneficiados pelo projeto do Governo Federal conhecido como “Bolsa Família”, sendo, à época, o critério para a concessão desse benefício, renda per capita familiar inferior a R\$ 70,00. A frequência escolar era o fator obrigatório indispensável para a manutenção do benefício. A dedicação para a obtenção de médias equivalentes ou superiores a 5,0 era quase inexistente, sendo perceptível o desestímulo dos alunos pelos conteúdos escolares.

Importa ressaltar que, conforme escrito no termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 1), a participação do aluno nesse trabalho de pesquisa não foi considerada para efeitos de avaliação de aprendizagem. As notas bimestrais eram somente relativas às provas e trabalhos realizados nos demais tempos de aulas de Ciências, com conteúdo programático diferenciado das atividades da pesquisa.

#### **4.1. Análise de Entrevistas e Representações Gráficas: a Importância das Concepções Prévias para a Prática Docente**

Para comunicar as ideias prévias apresentadas pelos alunos na 1ª coleta de dados, utilizamos o termo “concepção” que, acordo com Ferreira (2001), pode ser entendido,

---

<sup>23</sup> <http://www.portalideb.com.br/escola/172132-ciep-brizolao-089-graciliano-ramos/ideb?etapa=9&rede=estadual>

dentre outros significados, como “*percepção de alguma coisa*”<sup>24</sup>. A partir da intervenção didática (Oficinas), utilizamos a palavra “conceito” para comunicar a compreensão dos alunos sobre mutações biológicas embasados na definição de Silva (1986 *apud* BERNARDES, 2011), que compreende a palavra “conceito” como “*conjunto de ideias a respeito de alguma coisa ou fenômeno*”.

Cientes dos contextos sociocultural e acadêmico dos alunos, foi preciso adequar a linguagem utilizada (LIBÂNEO, 1994, p.39 e p.169) na entrevista, de forma a ser compreendida e assimilada pelos alunos. Desta forma, foi percebido certo desconhecimento dos alunos quando foi citada a palavra “mutação” e, em contrapartida, uma facilidade de troca de informações quando se passou à palavra “mutante”.

O primeiro contato nas entrevistas revelou, através da fala dos alunos que a concepção prévia sobre “mutação”, estava sempre associada à ficção, o que foi corroborado com as representações gráficas, sempre relacionadas a seres com características extraordinárias, sobrenaturais, inspiradas na mídia. Categorizadas as representações gráficas, estabelecemos na Tabela 4.1 os resultados, em porcentagem e número de alunos, das concepções apresentadas sobre “mutantes”.

Como observado na Tabela 4.1, foi possível distinguir três categorias dentro das concepções fictícias apresentadas. A ideia de “mutantes” como super-heróis foi apresentada por 45% da turma, em igual proporção à ideia de monstros, contra uma minoria (15%) que relatou que “mutantes” são resultantes de mudanças que podem acontecer nos seres vivos com o avanço da ciência e da tecnologia.

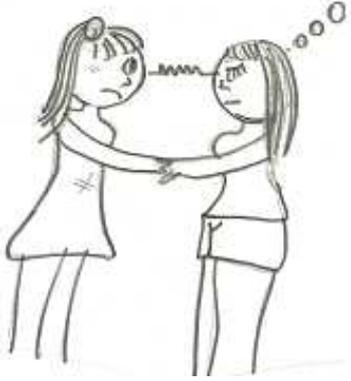
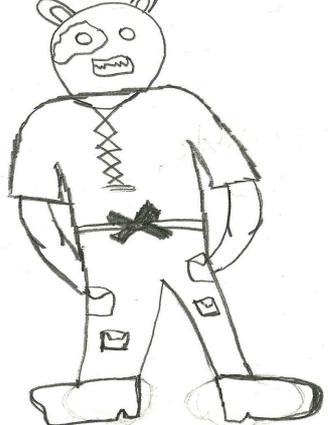
Item	Categoria/Ideia dos desenhos	Nº de desenhos	%
1	Seres humanos com dons especiais /super-heróis.	9	45
2	Seres que apresentam características humanas misturadas às de animais (monstros)	9	45
3	Mudança que pode ser feita no corpo dos seres vivos/ tecnologia/robótica	3	15
<b>Total</b>		21	100

**Tabela 4.1. Análise das concepções apresentadas pelos alunos sobre “mutantes” (1ª coleta de dados).**

<sup>24</sup> <http://www.dicionarioaurelio.com/Concepcao.html>

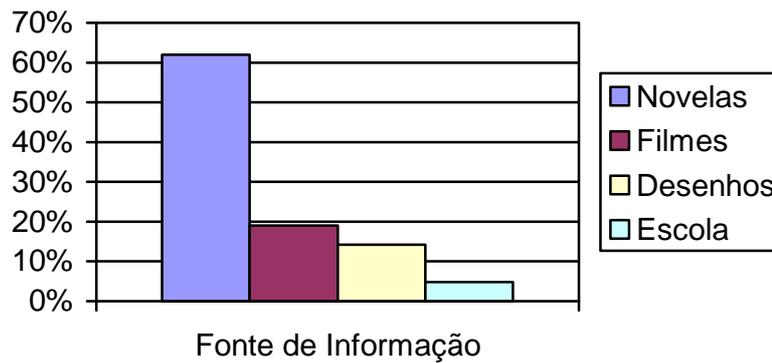
Durante as entrevistas, foi possível diagnosticar que a maioria dos alunos se mostrou empolgada ao tratar sobre o tema “mutante”, talvez por estar relacionado a um assunto de seu cotidiano. Algumas entrevistas ultrapassaram a média de tempo de 10 minutos, pois alguns alunos se sentiram à vontade para detalhar características dos personagens que eles conheciam e faziam parte do imaginário.

Na Tabela 4.2 encontram-se representados desenhos apresentados pelos alunos que evidenciam a categorização apresentada na Tabela 4.1:

Categoria 1: Seres humanos com dons especiais	Categoria 2: Monstros	Categoria 3: Tecnologia/robótica
		

**Tabela 4.2. Exemplos de representações gráficas apresentadas por alunos entrevistados sobre “mutantes” que se enquadram, respectivamente, nas categorias, 1, 2 e 3 da Tabela 4.1 (1ª coleta de dados).**

As relações entre as ideias mostradas através dos desenhos e suas respectivas fontes de informação (ou inspiração) tornaram-se claras com os depoimentos nas entrevistas. No total de 21 alunos, 13 alunos (61%) disseram ter inspirado suas ideias sobre “mutantes”, na novela “Os Mutantes”, exibida por uma rede de televisão brasileira, nos anos 2008 e 2009. Quatro alunos disseram ter embasado suas concepções sobre “mutantes” nos filmes “*X-Men*” e “*Quarteto Fantástico*” (19%), ambos apresentados pela *Walt Disney Company* a partir do ano 2000. Três alunos (14%) tiveram a inspiração em desenhos animados, como “*Ben 10*” e “*Meninas Superpoderosas*”, ambos apresentados pela *Cartoon Networks*. Apenas um aluno, após ter mostrado observações relacionadas com filmes, também relacionou o termo “mutante” com a metamorfose realizada por alguns artrópodes e anfíbios (desenvolvimento de lagartas e girinos, respectivamente). O gráfico apresentado na Figura 4.1 é a representação em porcentagem das citações feitas em relação a determinadas fontes midiáticas que embasaram as concepções prévias dos discentes com relação ao conceito de “mutante” (Figura 4.1).



**Figura 4.1. Gráfico representando a porcentagem de citações pelos alunos dos meios midiáticos que embasaram as representações gráficas sobre “mutantes”.**

Destacamos, a seguir, trechos da entrevista e desenhos de alguns alunos, cujas falas (em itálico) evidenciam pontos de discussão pertinentes ao ensino de ciências e a influência da mídia na formação de concepções científicas.

- Trechos da entrevista com a aluna A:

- Você sabe o que é mutação?

- *“Sei lá, nunca ouvi isso...”*

- E mutante?

- *“Ah... acho que mutante é assim, uma coisa... diferente, tipo uma coisa que a Ciência coloca nas pessoas e fica com poderes, como na novela...”*

- Novela? Que novela? (pergunta a pesquisadora):

- *“Da novela “Os Mutantes”... lá a doutora fez umas misturas e formou os mutantes.”*

- E o seu desenho, é inspirado na novela?

- *“Tentei desenhar um menino mutante. Ele tem um botão no braço que ativa nos olhos dele um laser. (...) na novela tinha uma menina que via como águia, mas não tinha botão para ativar, era natural.”*

- Você acha que isso tem a ver com ciências?

- *“Ah, com a ciência do laboratório sim...”*

- Como assim? Existem diferentes tipos de ciência?

- *“É..., nas ciências aqui da escola, a gente não inventa nada, a gente só estuda o que tá no livro e não tem nada a ver com isso de mutantes!”*

O desenho apresentado na Figura 4.2 mostra a concepção da aluna A sobre o conceito de “mutante”, onde a aluna entende que a mutação é um processo que pode ser

feito no corpo dos seres vivos pelos avanços da ciência (Terceira categoria: tecnologia/robótica – Tabela 4.1).



**Figura 4.2. Representação da concepção da aluna A sobre o conceito de “mutante”.**

Segundo Tibell e Rundgren (2010), uma área da pesquisa educacional que requer aprofundamento é o estudo de como as concepções dos estudantes são influenciadas pelo uso de expressões intencionais para explicar determinados processos.

Pela fala da aluna A, observa-se que ela se inspira em um personagem da novela, porém acrescenta uma característica tecnológica (robótica), sendo, para ela, algo possível de ser feito nos humanos com os avanços da ciência (laboratorial). Porém, o que chama a atenção na fala da aluna A é a concepção de que existem diferentes ciências, uma investigativa, e outra, onde não se cria nada de novo, não avança, como a “do laboratório”. Isso nos adverte a questionar sobre: (i) até que ponto as práticas de ensino de ciências no contexto formal, tem sido apenas informativas e não investigativas? (ii) Como tem atraído a atenção e a participação dos alunos para os avanços da ciência? (iii) Por que a “ciência da escola” não tem sido capaz de, juntamente com os alunos, falar sobre mutantes de forma a apresentá-los a novos conhecimentos da “ciência do laboratório?”

Em outro depoimento, o aluno B relata:

- *“Eu acho que os mutantes... sei lá, tem dons sobrenaturais, são heróis, que só vi na televisão, claro! Tem super poderes, como fiz no meu desenho!”*
- *“Minha ideia é do desenho do “Ben 10”. Fiz a menina que tem poderes nas mãos... que é da equipe do “Ben 10”.”*

- “Acho que isso de mutação, de mutantes... não tem nada a ver com a “ciências” aqui da escola, isso é coisa de ficção. Aqui é coisa séria; no desenho, é de mentirinha...”
- “Acho que a ciência não é capaz de criar mutantes. Não existe mutante...”

A fala do aluno B revela que sua concepção de “mutante” também está atrelada à ficção. A representação gráfica feita pelo aluno B encontra-se na Figura 4.3 (a) e, ao lado, para fim de comparação, a imagem da personagem do desenho “Ben 10” que inspirou sua ilustração (b):



**Figura 4.3. (a) Representação da concepção de “mutante” feita pelo aluno B; (b) Personagem do desenho animado “Ben 10” que embasou esta concepção do aluno B.**

Comparando o desenho feito pelo aluno B à imagem da personagem que lhe inspirou, observa-se que a característica “poder nas mãos” é o que o faz concebê-la como ser mutante. Neste caso, a concepção do aluno foi incluída na categoria 1 da Tabela 4.1, onde a ênfase é dada à concepção que está atrelada a dons especiais, como ocorre com os super-heróis. Os demais alunos também recorreram a um personagem de filme ou desenho animado para apresentar suas ideias sobre “mutantes”.

O fato dos alunos conceberem os “mutantes” tal qual lhes é apresentado na mídia era algo a ser esperado em nossa investigação. Não havia expectativas de que os alunos apresentassem o conceito científico de “mutação”, uma vez que os conteúdos de genética que costumam definir esse conceito só deveriam ser trabalhados nas séries seguintes. Porém, o que nos fez crer que os objetivos do ensino de ciências, neste caso, encontram-se comprometidos é a ausência, na fala dos alunos, de relações entre a palavra “mutação” com conteúdos tradicionais no ano escolar vigente, como a origem da diversidade dos seres

vivos (Cinco Reinos), a capacidade de mudanças e adaptações aos diferentes biomas (Evolução). Afinal, concebemos que, para compreender a origem da biodiversidade (Cinco Reinos), é necessário conhecer, ainda que basicamente, a Teoria Evolutiva da Origem das Espécies e o processo de Seleção Natural, conteúdos estes que constam no currículo mínimo e que têm relação direta com o tema mutação. O currículo mínimo designado pela Secretaria de Educação do Estado do Rio de Janeiro estabelece que os alunos devem, no decorrer do 7º Ano do Ensino Fundamental, trabalhar as seguintes questões importantes à compreensão da vida em sua diversidade: discutir o desenvolvimento da vida, a conquista do ambiente terrestre; conhecer as teorias evolutivas; analisar a importância dos fósseis como marcos do processo evolutivo; compreender a Seleção Natural através de evidências adaptativas e das relações entre o sucesso reprodutivo de uma espécie e sua adaptação ao ambiente; compreender a biodiversidade a partir da história geológica da Terra e da vida, ressaltando sua origem e sua evolução; discutir as diversidades biológicas, apontando para evolução, organização e adaptações; dentre outros conceitos.

O distanciamento, ressaltado por alguns alunos, entre a ciência laboratorial e a ciência enquanto disciplina escolar, também traz reflexões sobre o papel do ensino e a necessidade de inserir novas temáticas que relacionem os conteúdos tradicionais aos avanços científicos afins. Nesse contexto, há de se ponderar que os objetivos do ensino de Ciências não são os mesmos da ciência desenvolvida nos laboratórios. No primeiro caso há uma preocupação com a formação para a cidadania e, dentro dessa perspectiva, com que o aluno aprenda os conceitos científicos que possam ser úteis à sua vivência pessoal e também social. O que há de peculiar nesse aspecto, é a implicação no que diz respeito à vivência social, que inclui o entendimento e a capacidade de opinar, inclusive sobre os conhecimentos científicos desenvolvidos a partir dos estudos em laboratório.

Afinal, os PCNs enfatizam que as inovações científicas precisam ser acompanhadas por mudanças no ensino de ciências, especialmente as que envolvem ética, consumo, saúde e meio ambiente, pois se enquadram nos temas em voga no século XXI (BRASIL, 1996).

A relação estabelecida pelos alunos entre o termo “mutante” e personagens midiáticos permite discussões sobre as possíveis influências da mídia para o ensino de Ciências. Segundo Guareschi e Biz (2005), a mídia alcançou tamanha repercussão pública que, hoje, pode-se presumir que a ausência de um determinado tema na mídia pode implicar o desconhecimento do mesmo pela sociedade. Pela citação de Guareschi e Biz (2005), há de se ponderar também que, se não fosse a mídia disseminar o termo “mutante”,

ainda que de forma fictícia, a expressiva maioria dos alunos não saberia expressar nenhuma ideia sobre os mesmos.

No contexto da sociedade atual, diante de importantes avanços científicos e a admirável “indústria” do cinema, a ficção científica tem sido o gênero de filmes mais procurado pelos adolescentes e pela população em geral (MACHADO, 2008) e algumas obras têm chamado a atenção do público por abordar de maneira apocalíptica os feitos ou rumos da ciência (BIXLER, 2007).

Neste sentido, Belloni (2003, p. 57) questiona se as crianças da sociedade atual têm aprendido mais com a televisão que com os professores e pais e coloca que esta fonte de informação tem oferecido muitos recursos e informações, construindo, na tentativa de simular o real, um grande simulacro do mundo. Nesse simulacro, o telespectador se vê e assume imagens e formas como se fosse de sua vida real.

De acordo com Bachelard, “*A ficção científica transforma-se no output humano como uma organização que transforma o imaginário em dinamismo próprio, que possibilita a organização cognitiva do mundo*” (BACHELARD, 1972, p. 32 *apud* GOMES-MALUF E SOUZA, 2008).

Nunes e colaboradores (2008) afirmam que tamanha circulação de conhecimentos tornou a prática pedagógica mais do que apenas transferência de conhecimentos, mas também interligação de conhecimentos prévios criados pela exposição à mídia e aos conteúdos ministrados em sala pelo professor.

É inegável que a mídia desempenha um papel crucial na disseminação de termos científicos e na formação de opiniões, atingindo a todos, inclusive aqueles que estão no ambiente escolar (NOGUEIRA, 2001). Tanto que há professores que utilizam a ficção científica, que é um exemplo midiático bastante influente, como recurso para trabalhar alguns conceitos científicos com os alunos. Exemplo dessa utilização está no trabalho de Williamson (*apud* BRITTON, 1998) onde relata que, em 1973, filmes de ficção foram utilizados no ensino e, em artigo recente, Gomes-Maluf e Souza (2008) apresentam uma reflexão sobre a inserção da ficção científica no ensino de Ciências, utilizando o filme “*Jurassic Park*” como constitutivo do conhecimento.

Diante das perspectivas de diferentes autores, concordamos com Lorenzetti (2000) que, para os alunos se posicionarem diante dos avanços científicos e tecnológicos disseminados por diferentes fontes de informação, eles dependem de uma base de conhecimento, devendo essa base ser fornecida pela escola, na educação científica. Leite

(2005) afirma que, diante das informações científicas trazidas pela mídia, as instituições de ensino precisam discutir a questão da influência dessas informações na educação.

Questões que envolvem ética, atitudes e valores compreendidos nas relações entre tecnologia e sociedade são conteúdos fundamentais a serem investigados nos temas que se desenvolvem em sala de aula, porém a inserção desses temas precisa ser acompanhada por mudanças na forma de ensinar ciências (BRASIL, 1998-a; 1996). Segundo Reich (1992), para preparar as crianças para serem cidadãos do século XXI, o professor precisa direcionar o foco do aprendizado para a forma de aprender, para a capacidade de solucionar problemas e de sintetizar novo conhecimento a partir do existente.

A compreensão de alguns alunos sobre a ciência laboratorial e a ciência enquanto disciplina escolar mostra um distanciamento de papéis (ou objetivos) que permite uma série de reflexões sobre o papel da educação científica na atualidade e revisões sobre as percepções que os alunos têm do ensino de Ciências a que têm acesso.

Segundo Gaspar (2002, p.172), embora a produção de conhecimentos não se restrinja à escola (educação formal), fica a ela delegada a transmissão regular dos conhecimentos. Entendendo que o profissional do ensino tem como objetivo interagir com diferentes tipos de saberes (escolar, científico e popular), seu papel é mediar o conhecimento de forma a torná-lo mais acessível e significativo para a sociedade (ARAÚJO- JORGE, BARBOSA E LEMOS, 2006). Pesquisadores como Driver e colaboradores (1999) e Mortimer (1992) consideram que, uma vez significativo para o aluno, o conhecimento científico passa a despertar o interesse dos alunos pela educação formal.

Percebida a influência da mídia nas concepções dos alunos sobre “mutantes” e a desconexão desse conceito com temas propícios ao ensino de Ciências, prosseguimos com atividades que viabilizassem a interação dos conhecimentos prévios com os novos conhecimentos.

Sendo o objetivo geral desta pesquisa discutir as concepções de discentes sobre o conceito de “mutação biológica”, bem como as influências e potencialidades desse conceito no ensino e aprendizagem em Ciências, tornou-se imprescindível uma intervenção com atividades práticas que pudessem, ao mesmo tempo, fazer essa correlação e permitir o prosseguimento das discussões.

## 4.2. Oficinas

Um dos objetivos das oficinas propostas nesta dissertação foi mostrar para os alunos que o conceito de “mutação biológica” tem importantes interfaces com conteúdos de Ciências estudados no 7º Ano do Ensino Fundamental, como a biodiversidade apresentada nos Cinco Reinos, a saúde humana e a biotecnologia. Objetivou também buscar entender como os alunos podem apreender essas correlações, de forma significativa.

Foram realizadas 8 oficinas durante 2 meses, as quais serão descritas a seguir:

### 4.2.1. Oficina 1: Mutação e Material Genético

As concepções sobre “mutantes” como “seres com perfis extraordinários, formados por misturas artificiais” apresentada pela maioria dos alunos, foram inicialmente trabalhadas em atividades que buscaram valorizar os conhecimentos prévios.

A oficina foi denominada “Mutação e Material Genético” e abordou as características que os seres vivos expressam como sendo o resultado de um código presente na molécula de DNA, onde cada espécie apresenta código próprio que determina o padrão de suas características.

Os alunos foram convidados, na primeira atividade prática da Oficina 1, a construir árvores genealógicas, evidenciando as características semelhantes entre os descendentes (pais e filhos) e as características que observavam como diferentes do padrão genético de uma família.

Logo no início desta atividade, o aluno C comentou:

*- “O que é que isso tem a ver com mutante? Minha família   normal...”*

Passados alguns minutos, a aluna A perguntou:

*- “Se tenho uma coisa que não é igual ao meu pai, nem a minha mãe e nem a ninguém da minha família, sou uma mutante?”*

Aproveitando o ensejo, a pesquisadora questionou:

*- “Ser diferente é ser mutante?”*

O aluno F respondeu:

*- “Meu irmão nasceu com seis dedos nas mãos e ele não   mutante...”*

O aluno B, completa...

*- “Ele é diferente, mas não   mutante...”*

Em debate com a turma, foi comentado que algumas mudanças podem acontecer dentro de um “padrão” da espécie. Portanto, nem sempre os descendentes serão aparentemente parecidos com os pais, ainda que os genes de ambos estejam presentes, algumas características de gerações passadas podem ser novamente expressas e outras podem surgir, como variações, nem sempre perceptíveis ou negativas.

A Figura 4.4 é um exemplo de representação feita por um aluno na atividade proposta nesta oficina de construção de árvores genealógicas, enfatizando semelhanças e diferenças dentro de sua família.



**Figura 4.4. Exemplo de árvore genealógica construída pelo aluno H representando as características fenotípicas de uma família (descrição no texto).**

No exemplo da Figura 4.4, são percebidas as semelhanças entre o cabelo do pai e do filho e os olhos da mãe e do filho. O aluno H explicou, no decorrer da atividade, que a diferença na cor do cabelo da irmã (indicada pela seta na Figura 4.4) foi devido a uma intervenção artificial (tintura química), manifestando que achava que alguns produtos químicos utilizados na estética capilar podem fazer mal à saúde (a concepção apresentada pelo aluno sobre os produtos químicos e a relação que estabelecem com saúde serão discutidos mais à frente na Oficina 4).

Nesta atividade, foi salientado que os seres vivos expressam características determinadas pelo código genético e que esse código, ao ser alterado, pode gerar mutações. Os alunos foram, então, motivados a participar de uma outra Oficina, a qual contaria com modelos didáticos do material genético (Apêndice C).

Leite (2000) enfatiza que é dever e responsabilidade da escola abordar os conteúdos de genética de forma integrada e sistêmica, promovendo uma educação que possibilite aos cidadãos a apropriação de conhecimentos, as quais lhes forneçam embasamento teórico para tomar suas decisões.

Existem estudos que mostram a imensa dificuldade dos alunos em conceber a organização do genoma em diferentes níveis (LEWIS e WOOD-ROBINSON, 2000). A segunda Oficina apresentou, com o auxílio de slides (Apêndice B), a estrutura do DNA, dos genes e dos cromossomos. Foram trabalhados conceitos, tais como: definição, função e localização do DNA na célula; número de cromossomos por espécie; determinação do sexo; algumas síndromes. Como atividade prática os alunos foram convidados a montar sobre o tabuleiro (Modelo Didático III, Apêndice C), os cariótipos, conforme mostra a Figura 4.5.



**Figura 4.5. Atividade realizada com os modelos didáticos na Oficina “Mutação e Material Genético” (Oficina 1).**

Ao longo da oficina, algumas falas se mostraram bastante interessantes, como a da aluna G:

- *“Se pareço mais com minha mãe, não é porque tenho mais cromossomos dela...!”*

A aluna J perguntou:

- *“... Professora, é sempre aos pares?”* (cromossomos no cariótipo)

- *“Não pode ter um errinho e ficarem mais de dois juntos?”*

No momento do questionamento da aluna J, foram trabalhados com a turma exemplos de mutações, utilizando o tabuleiro de cariótipos, como, por exemplo, a disposição dos cromossomos na caracterização das Síndromes de Down, de Turner e de Klinefelter. Desta forma, alterações na quantidade ou na posição dos cromossomos, nos respectivos casos, foram evidenciadas como exemplos de mutações biológicas.

Quando foi solicitado que a turma representasse hipoteticamente o cariótipo de um ser vivo com características misturadas (meio cachorro, meio humano), o aluno B questionou:

- *“Como? Se cada espécie tem um número certo, vai ter mais a genética de um ou de outro? (...) Isso pode?”*

A aluna A comentou:

- *“Se o cachorro tem 38 cromossomos e nós 46, temos que dividir a metade de cada um?”*

- O aluno H respondeu:

- *“Sim, 38 dividido por 2 é 19; 46 dividido por 2 é 23. Agora, a gente soma 19 com 23 e pronto!”*

Neste momento, a pesquisadora perguntou aos alunos se esse “ser”, então, seria mais humano que cachorro, por ter um número maior de cromossomos humanos.

Alguns alunos disseram:

- *“É, se for assim, não dá... o número tem que ser igual!”*

A aluna D, em voz baixa, falou:

- *“Não dá para misturar bicho com gente..o negócio é matemática também!”*

A aluna A fala para a aluna D (que estava no mesmo grupo):

- *“Se é assim, não dá mesmo para criar mutantes de verdade! É tudo mentira!”*

Através deste obstáculo conceitual, os alunos puderam perceber que não era possível “misturar” tão facilmente cromossomos de duas espécies e originar uma nova criatura com características de ambas.

Mais uma vez, a pesquisadora perguntou à turma:

- *“Se fosse possível realizar essas misturas, o que vocês acham que poderia acontecer?”*

O aluno B responde:

- *“Se fosse de verdade, acho que isso seria um problema danado...não teriam Cinco Reinos...”*

Aluno H:

- *“Se as características fossem misturadas, os bichos seriam misturados... poderia ter moluscos com anéis e seria um molusnelídeo?! (mistura de molusco com anelídeo?)”*

A partir dos questionamentos, os conteúdos de Ciências sobre a diversidade, foram, aos poucos, trabalhados e, com as intervenções, os alunos apresentavam reflexões e

preocupações sobre a possibilidade de não se compreender mais a identificação de uma espécie, já que as características que permitiriam sua classificação seriam encontradas em muitas outras.

Assim, os alunos iam chegando à seguinte conclusão:

- *“Na natureza, não é possível haver misturas entre espécies diferentes caracterizando seres com metade do material genético de uma espécie e metade de outra. O que pode acontecer são alterações na quantidade ou na forma (estrutura) dos cromossomos (ou na sequência dos nucleotídeos) dentro de uma mesma espécie, caracterizando uma mutação.”*

Nesta oficina, foi imprescindível a utilização dos modelos didáticos, pois uma vez que os alunos desconheciam as características do material genético, seria um obstáculo prosseguir com o tema sem uma explicação mais clara das alterações que caracterizam as mutações.

A relevância da utilização de modelos didáticos no ensino de ciências encontra-se consagrada na literatura. Para Giordan e Vecchi (1996), um modelo é uma construção, uma estrutura que pode ser utilizada como referência, uma imagem analógica que permite materializar um conceito, tornando-o assim, diretamente assimilável. A utilização de analogias no processo ensino-aprendizagem é defendida por diversos autores como ferramenta de apoio para uma mudança conceitual, principalmente no que se refere a conceitos científicos complexos (NAGEM, CARVALHAES E DIAS, 2001). Segundo Duit (1991), as analogias são valiosas ferramentas para mudanças conceituais, pois abrem novas perspectivas, facilitam o entendimento do abstrato, incitam o interesse dos alunos, podem ter função motivacional e ainda encorajam o professor a levar em consideração o conhecimento prévio dos alunos sobre determinado conceito.

A Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) trabalha com a prerrogativa de que, para que ocorra uma atribuição de significados, é necessário que o material a ser aprendido seja incorporável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não substantiva e não arbitrária (MOREIRA, 1999). Entendemos que esse material precisa estabelecer ligação com as ideias relevantes já adquiridas pelo aluno, ou seja, precisa estar relacionado com seus conceitos subsunçores. De acordo com os resultados da presente pesquisa, ainda que os alunos não demonstrassem um conhecimento científico sobre o tema, o conceito subsunçor apresentado, em geral, era (excluindo, por hora, os poderes sobrenaturais dos mutantes), de um fenômeno onde uma importante característica (diferença) surgia dentro da normalidade. Segundo a TAS, o armazenamento das informações no cérebro é

organizado como um sistema hierárquico, no qual elementos novos podem ser ligados (assimilados) aos anteriores (subsunçores), ou seja, quando elementos mais específicos são ligados a conhecimentos mais gerais. Para Ausubel (2003), o que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe e quando, a este conhecimento prévio, novos conhecimentos (relevantes) são ancorados (MOREIRA, 2011). Daí a importância da investigação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema, pois a partir desse conhecimento, pode-se buscar estabelecer pontes cognitivas, almejando a hierarquização dos conceitos.

Ausubel (*apud* MOREIRA, 2011) ressalta que, na ausência de subsunçores, ou seja, quando o aprendiz não faz ideia alguma do conceito a ser aprendido, é necessário o uso de organizadores prévios. Os organizadores prévios são materiais introdutórios, que servem de âncoras para a formação de um subsunçor sobre o qual futuros conceitos podem ser estabelecidos. Tais organizadores devem “agir” de forma a “manipular” a estrutura cognitiva do aprendiz; portanto, devem ter um nível mais elevado de abstração, generalidade e inclusividade, comparados a materiais tradicionalmente utilizados como recursos didáticos (sumários, por exemplo). No contexto da Oficina1, em nossa pesquisa, os modelos didáticos em três dimensões foram utilizados no intuito de agir como organizadores prévios, não pela ausência de um subsunçor referente ao termo “mutante”, mas pela ausência de conhecimentos prévios dos alunos sobre material genético. Esses materiais didáticos, ao serem manipulados pelos alunos poderiam estar servindo de alicerce ou ponte cognitiva para que as correlações entre alterações do material genético (mutações) pudessem ser compreendidas, ainda que de forma básica, nas oficinas seguintes, quando relacionadas à origem da biodiversidade, do câncer e da manipulação do material genético em biotecnologias, propiciando melhores condições para a ocorrência da aprendizagem significativa dentro das perspectivas científicas desse conceito.

Freire (2001) nos diz que aprender é uma aventura criadora; portanto, muito mais rica que repetir a matéria dada. É pensar em construção e reconstrução a todo o momento da prática docente. Tal atitude precisa ser política, pois, dessa forma, possibilitará aos alunos uma consciência crítica perante a vida. No entanto, é preciso compreender que cada indivíduo apresenta uma forma peculiar de aprender. Entendemos que essa peculiaridade ou substantividade de cada aluno é a maneira pela qual ele é capaz de conceber as novas informações e processá-las como conhecimento.

Podemos também citar que:

*“... incentivar os estudantes a participarem de atividades que incorporem múltiplos modos e formas de representação é estabelecer uma aproximação potencial com as suas estruturas cognitivas, com as suas particulares dimensões psicológicas e estilos subjetivos de aprendizagem. A utilização de modos e formas de representação mais intuitivas e de maior proximidade com o sujeito faz com que o traslado desses modos e formas, para aqueles acadêmicos pouco ou nada intuitivos, se tornem mais efetivos, ampliando a capacidade de ação sobre o mundo”*

(OLIVEIRA 1993 *apud* LABURÚ, BARROS E SILVA, 2011).

#### **4.2.2. Oficina 2: Mutação e Diversidade Biológica**

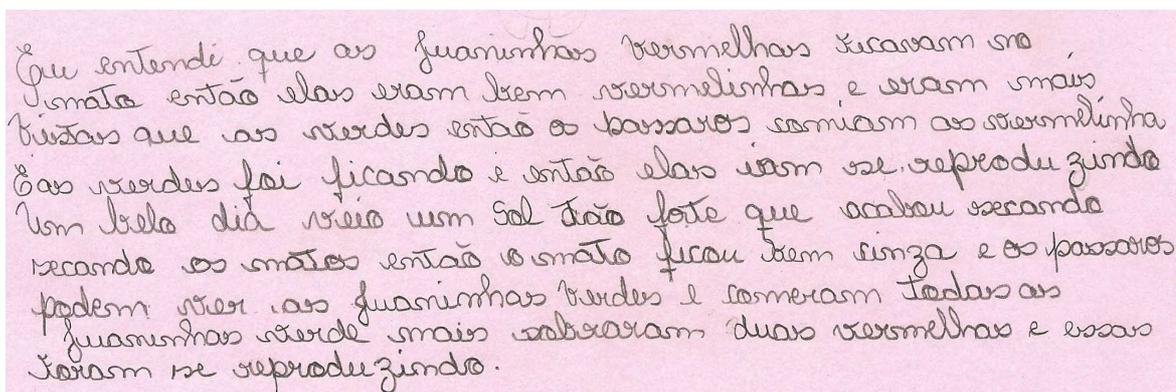
Apesar de o tema diversidade biológica ser estudado durante todo o 7º Ano do Ensino Fundamental em Ciências, o desconhecimento sobre as mutações biológicas, identificado nas entrevistas nos levou a pensar que a relação entre mutações e origem da biodiversidade também poderia ser desconhecida pelos alunos. A Oficina 2 teve como objetivo ressaltar a Teoria da Seleção Natural, enfatizando que o ambiente pode favorecer a manutenção ou a extinção de determinadas características que surgem por mutações do material genético. Como exemplos da ocorrência deste fenômeno em nossos dias, comentamos sobre os diferentes tipos de vírus da dengue (DEN- I, DEN-2, DEN-3, DEN-4) (TRAVASSOS DA ROSA *et al.*, 1998) e a importância do uso correto de antibióticos que, quando usados incorretamente, podem favorecer a multiplicação de microorganismos mutantes ou resistência de bactérias. Após esse último exemplo, alguns alunos relataram episódios do cotidiano em que não tomaram corretamente um determinado antibiótico e apresentaram pioras em seu quadro clínico. Embora possa não haver correlação direta entre

os fatos estabelecidos pelos alunos, o debate permitiu aprofundar alguns conceitos científicos afins.

Com o auxílio de vídeos com animações didáticas, foi possível mostrar a relação que existe entre mutação, ambiente e biodiversidade, facilitando, inclusive, a explicação da evolução das espécies.

Slides com figuras de fósseis foram mostrados e, em debate com a turma, convidamos os alunos a comparar as características de alguns animais pré-históricos com animais atuais. Após a exibição dos slides e dos vídeos sobre Seleção Natural, algumas hipóteses foram levantadas pelos alunos para o surgimento ou o desaparecimento de determinada característica. Por fim, fizemos um convite para que os alunos individualmente escrevessem suas conclusões sobre a origem da biodiversidade.

Destacamos um trecho escrito por uma aluna sobre a compreensão que obteve do processo de Seleção Natural a partir da exibição de um dos vídeos.



Eu entendi que as joaninhas vermelhas ficavam no  
mato então elas eram bem vermelhinhas e eram mais  
vistas que as verdes então os pássaros comiam as vermelhinhas  
as verdes foi ficando e então elas iam se reproduzindo  
Um belo dia veio um sol tão forte que acabou secando  
secando o mato então o mato ficou bem cinza e os pássaros  
podem ver as joaninhas verdes e comeram todas as  
joaninhas verde mais sobraram duas vermelhas e essas  
foram se reproduzindo.

<sup>25</sup> Texto reescrito

A Figura 4.6 apresenta alunos realizando a atividade prática intitulada “criando mutantes” proposta na oficina 2. Nesta atividade, os alunos receberam diferentes figuras de animais e flores para colorir, estipulando um padrão de cores e formas dentro da mesma espécie. A partir do padrão, deveriam criar indivíduos mutantes (com características que fossem evidentemente diferentes, como cores ou formas anatômicas, por exemplo). Os alunos poderiam ainda supor uma razão para essa variação ter ocorrido.

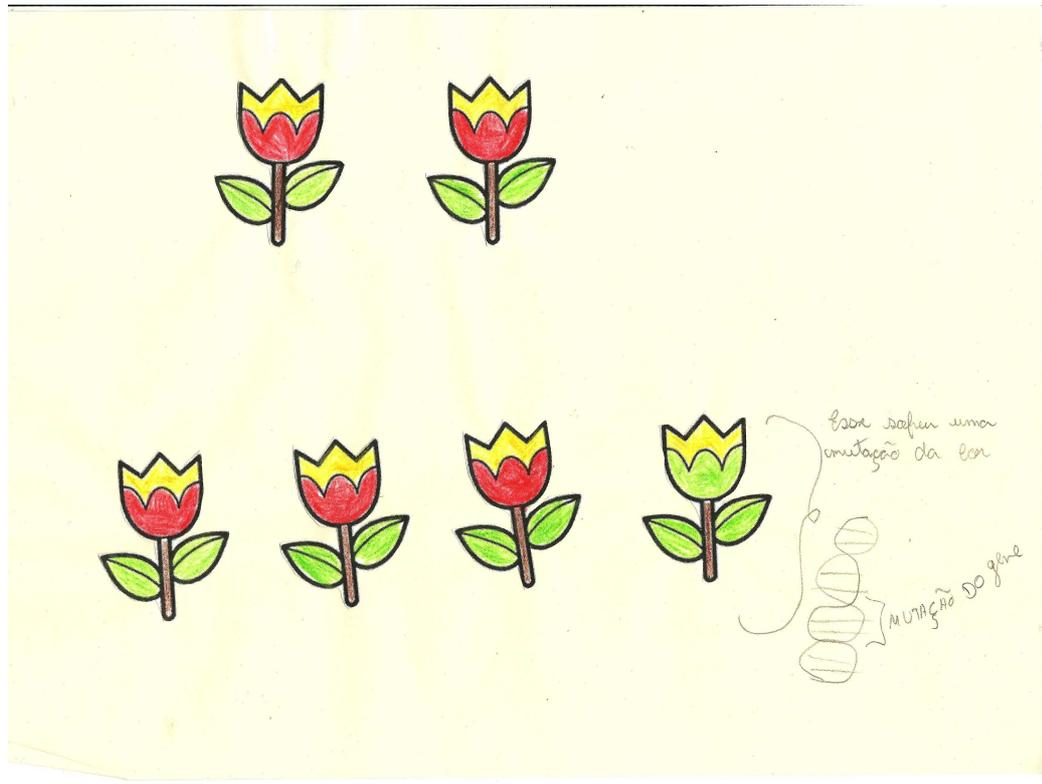
---

<sup>25</sup> “Eu entendi que as joaninhas vermelhas ficavam no mato, então elas eram bem vermelhinhas e eram mais vistas (por predadores) que as verdes. Então, os pássaros comiam as vermelhinhas e as verdes foram ficando (sobrevivendo) e se reproduzindo. Um belo dia veio um sol tão forte que acabou secando o mato, que ficou bem cinza. E os pássaros puderam ver as joaninhas verdes e comeram-nas. Assim, sobraram duas vermelhas que se reproduziram.”



**Figura 4.6. Alunos realizando a atividade proposta na Oficina “Mutação e Diversidade Biológica” (Oficina 2).**

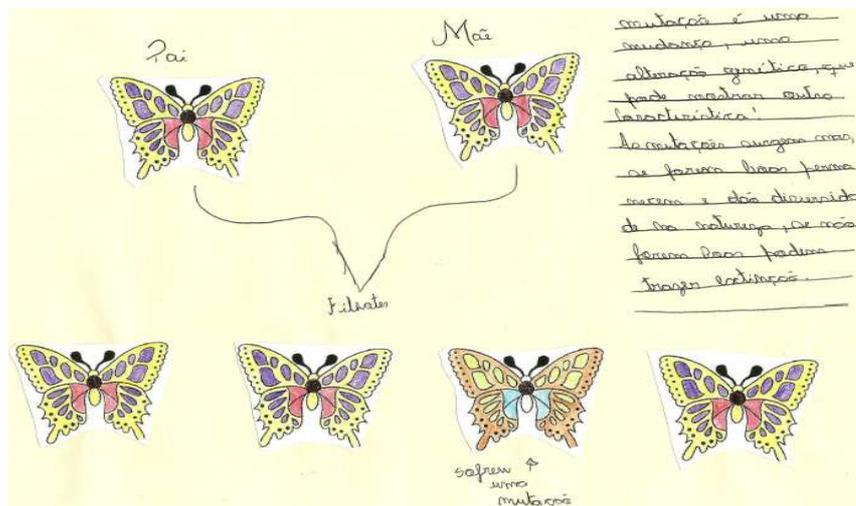
As Figuras 4.7 (a) e 4.7 (b) mostram trabalhos de dois alunos com suas respectivas explicações, por escrito, sobre a relação concebida, durante as oficinas, entre o conceito de “mutação” e a origem da diversidade biológica.



<sup>26</sup> Escrita destacada

**Figura 4.7. (a) Representação de diversidade biológica a partir da compreensão apresentada pela aluna D durante a Oficina 2.**

<sup>26</sup> “Esta sofreu uma mutação na cor.” A aluna desenhou, ao lado da flor que sofreu mutação, o DNA, indicando onde houve a “mutação do gene.”



<sup>27</sup> Escrita destacada

**Figura 4.7. (b) Representação da origem da diversidade biológica a partir da compreensão apresentada pelo aluno F durante a Oficina 2.**

No primeiro caso (Figura 4.7.(a)) a escrita da aluna revela não só a compreensão de que mutações podem ocorrer nos genes (trechos do DNA), como, na representação, indica o surgimento de uma característica diferente na cor de uma das flores.

No segundo caso (figura 4.7.(b)), o aluno mostra compreensão sobre o conceito científico de mutação biológica no contexto da Seleção Natural, identificando, na figura, a borboleta que sofreu uma mutação.

### 4.2.3. Oficina 3: Mutação e Biotecnologia

Os PCNs de Ciências Naturais para o Ensino Fundamental (6º ao 9º Ano) dispõem que os alunos devem aprender a se posicionar perante a sociedade, de maneira crítica, responsável e construtiva, utilizando o diálogo como forma de mediar conflitos e tomar decisões coletivas; utilizando diferentes fontes de informações e tecnologias.

O cultivo de plantas transgênicas é um evento recente, revestindo-se de interesses, impactos e conflitos múltiplos, constituindo um tema sobre o qual predominam discussões científicas, éticas, econômicas e políticas nesta transição de século (NODARI E GUERRA, 2003).

Um organismo ou microorganismo transgênico é aquele que teve alterações no material genético pela introdução de gene (s) de outro organismo, em geral, de outra

<sup>27</sup> "Mutação é uma mudança, uma alteração genética que pode mostrar outra característica. As mutações surgem, mas se forem boas, permanecem e dão diversidade na natureza. Se não forem boas, podem trazer extinção."

espécie (KREUZER E MASSEY, 2001; TORRES, CALDAS E BUZO 1999 *apud* PEDRANCINI *et al.*, 2008). Neste sentido, os organismos transgênicos se enquadram no contexto das “Mutações Biológicas”, já que são seres vivos cuja sequência de bases do material genético foi alterada e, a partir dessa alteração, novas características foram manifestas (KREUZER E MASSEY, 2001; SUZUKI *et al.*, 1989 *apud* PEDRANCINI *et al.*, 2008).

Para Fatá (2007), o grande desafio deste século é saber usar o ensino, sobretudo de ciências, na integração de temas sociais e formação de cidadãos. De acordo com o currículo mínimo de Ciências disponibilizado pela Secretaria Estadual de Educação para o 7º Ano do Ensino Fundamental, os alunos devem:

*“discutir aspectos tais como controle biológico, plantas medicinais, biopirataria, patentes, transgênicos, transformações ambientais, seres em risco de extinção... em busca de alternativas para os problemas socioambientais”*

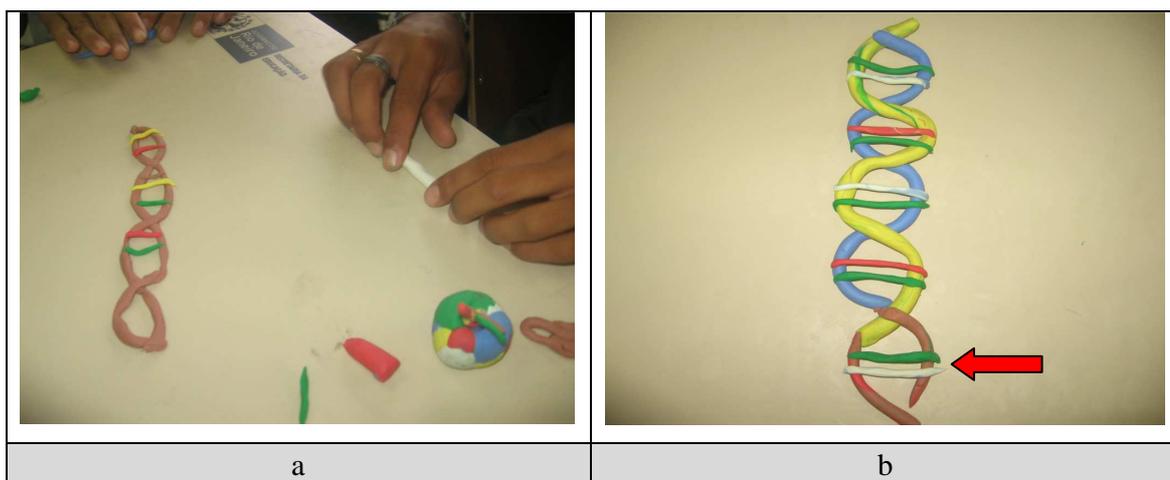
(Currículo Mínimo, SEEDUC, 2012).

Segundo Rifkin (2005), mesmo que seja desafiador para o professor, é importante incorporar na aula aspectos que envolvem a biotecnologia atual, de modo a orientar para a formação de conceitos corretos, possibilitando aos alunos o desenvolvimento da capacidade de análise e compreensão dos fenômenos biotecnológicos e suas possíveis implicações.

Na Oficina 3, os alunos foram convidados, em grupo, a simular um processo básico de transgenia, utilizando massinha de modelar. Cada grupo recebeu uma carta contendo as informações relacionadas a organismos transgênicos. Após a execução da tarefa, os grupos deveriam apresentar seus modelos de organismos transgênicos à turma, explicando que modificação tinha sido feita no material genético. Em seguida, os demais grupos se posicionavam contra ou a favor dos transgênicos, justificando sua posição.

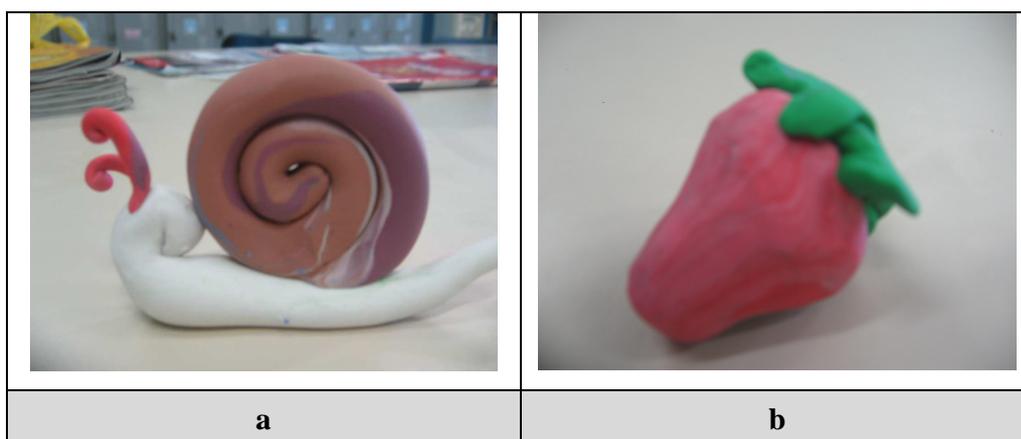
A Figura 4.8 (a) representa os alunos em atividade, modelando, em massinha, o DNA. A Figura 4.8 (b) mostra o resultado do processo de transgenia simulado por um dos grupos em que se destaca, com massinha marrom, um trecho de DNA (gene) que foi inserido. Os grupos ressaltavam a alteração do material genético, o que evidenciava a

atenção e a importância dadas às informações contidas na carta recebida por cada grupo no início desta atividade.



**Figura 4.8. (a) Alunos realizando a atividade proposta na Oficina “Mutação e Biotecnologia”; (b) Exemplo de altera o do material genético simulada pelos alunos (Oficina 3).**

Como resultado da altera o genética mostrada na Figura 4.8 (b), o grupo modelou um caramujo transgênico (Figura 4.9 (a)), justificando que o gene inserido configurava mudança na cor do caramujo quando infectado por parasitas nocivos aos seres humanos, o que, conseqüentemente, facilitaria a identifica o dos caramujos infectados. Merece destaque a criatividade desse grupo, ao associar, o uso da biotecnologia ao controle de doenças. A Figura 4.9 (b) mostra um morango transgênico simulado por outro grupo. Esse grupo explicou para a turma que alimentos transgênicos podem ser iguais aos orgânicos e que o alimento transgênico que eles criaram recebeu um gene de outra fruta, rica em outras vitaminas.



**Figura 4.9. Exemplo de modelos de organismos transgênicos feitos com massinha de modelar em atividade proposta na Oficina 3 “Muta o e Biotecnologia”.**

Destacamos, ainda, alguns diálogos entre os alunos, onde se estabeleceram correlações entre o conceito de “mutação” e biotecnologia dos transgênicos.

A aluna J (lendo as informações sobre os transgênicos, fala com os colegas...)

- *“Quer dizer que dá pra mudar de verdade o DNA? Que legal...”*

- *“Então a ciência faz mutantes! Eles colocam, misturam... Sei lá... e o milho fica mais nutritivo.”*

- Aluno E:

- *“Então esse milho é especial. Será que se a gente comer pega a mutação dele?”*

- Aluna J:

- *“Claro que não! Porque aqui tá falando que o tomate transgênico tem genes contra pragas e a gente come esses tomates e não vira mutante...”*

- Aluno D:

- *“E as pragas, vão comer o quê?”*

- Aluna J:

- *“Praga é pra morrer mesmo!”*

- *“Vamos criar um animal que, se tiver com a doença, vai mudar de cor! Isso vai ser bom pra gente não pegar a doença.”*

Assim, o grupo continuou com a atividade que resultou na criação do caramujo transgênico representado na Figura 4.9 (a).

No início da atividade, observou-se que os alunos, em geral, desconheciam o termo transgênico e, somente com a leitura das informações contidas na carta que foi entregue, foram capazes de relacionar esse novo conceito ao conceito de “mutação”. À medida que as correlações iam sendo feitas pelos alunos, algumas concepções midiáticas apresentadas anteriormente nas entrevistas vinham novamente à tona, como a fala do aluno E quanto à preocupação em se “pegar” a mutação feita no milho, pela ingestão do mesmo. Essa ideia corrobora com a concepção outrora apresentada de que (...) *os mutantes adquirem as características especiais ao serem mordidos por outros mutantes ou por injeções criadas em laboratório*. Neste caso, pode-se inferir que, de todas as oficinas realizadas, a que mais aproxima as concepções prévias dos alunos com o conceito científico de “mutante”, é a de Mutação e Biotecnologia, pois confirma, sem maiores detalhes, que os mutantes podem ser criados em laboratório, pela inserção de uma “característica” que não lhe é própria. Tomando essa afirmativa como ponto de partida, traçamos, após as apresentações dos alunos, debates que versaram sobre a origem dos super-heróis *X-Men* com o contexto da

Segunda Guerra Mundial (VIANA E REBLIN, 2011; GRESH E WEINBERG, 2005), algumas diferenças entre a elaboração de um Mutante pela ciência e um mutante na ficção, além de algumas questões econômicas e ambientais que giram em torno dos organismos transgênicos.

Bazzo (2005) comenta que a ciência e a tecnologia se baseiam em valores do cotidiano de cada época, que põem em questão as nossas convicções e o nosso conhecimento de mundo; portanto, constata que todas as pessoas devem entendê-las, não somente os cientistas ou tecnólogos. Ressalta, ainda, que é preciso que toda a população possa opinar sobre as implicações decorrentes dos avanços da ciência e da tecnologia.

Pedrancini e colaboradores (2008) investigaram concepções sobre transgênicos e suas implicações apresentadas por alunos do 3º Ano do Ensino Médio da Rede Estadual de Ensino do Noroeste do Paraná. Esses autores observaram que os alunos tinham um conhecimento influenciado pela mídia e que o ensino pouco tinha contribuído para uma concepção diferente da concepção midiática. Pedrancini e colaboradores (2008) complementam que:

*“... Apesar de estarmos vivendo uma era de ricas descobertas científicas e tecnológicas (...) a maioria da população sente-se despreparada para emitir opiniões fundamentadas sobre temas, tais como transgenia, clonagem e genômica”*  
(PEDRANCINI *et al.*, 2008).

Demo (2004) diz que as crianças precisam saber as disciplinas básicas oferecidas na escola, porém, afirma que *“ainda mais importante é saber o que fazer com isso na vida, como interferir na sociedade, como contribuir para mudar os seus rumos, como superar a condição de massa de manobra, como tomar o seu destino na mão”*. Para que isso aconteça, o processo educativo deve fornecer subsídios ao aluno como participação e interação com as informações (conteúdos), libertando-o da posição de mero espectador. Logo, orientar um processo de aprendizagem onde o aluno aprenda a construir o conhecimento deve estar bem distante das clássicas fórmulas de armazenagem de informações e bem próxima ao incentivo, à participação, ao diálogo e aos questionamentos. Demo (1993) afirma, ainda, que um processo educativo, para ser eficaz, deve evidenciar conhecimentos atualizados e privilegiar uma postura crítica do aluno,

formando, assim, uma espécie de alicerce a partir do qual ele possa intervir em sua realidade.

#### 4.2.4. Oficina 4: Mutações e Saúde

De acordo com a Secretaria Estadual de Educação do Rio de Janeiro, alunos do 7º Ano do Ensino Fundamental devem entender as relações entre seres vivos e saúde como parte do currículo de Ciências Naturais. Em nosso trabalho, enfatizamos que as mutações podem ocorrer como fenômeno natural, capaz de configurar, em alguns indivíduos, maior resistência a fatores ambientais. Enfatizamos, ainda, que alguns desses fatores podem agir de forma a alterar o material genético, sendo considerados fatores mutagênicos, podendo causar sérias alterações celulares indutoras de câncer. Dentre os fatores mutagênicos encontram-se radiações, produtos químicos presentes no cigarro, nas bebidas alcoólicas e nas drogas, determinados microorganismos, entre outros.

Após a exibição de filmes que relatavam efeitos de agentes mutagênicos, um debate com a turma abordou assuntos, tais como: efeito das drogas; produtos químicos, como tinturas capilares, formol, álcool; efeito da radiação solar sobre a saúde a depender do horário do dia. No debate, vários alunos relataram casos de familiares que faziam uso de drogas e bebidas alcoólicas e que foram acometidos por diferentes problemas de saúde (físico, mental e social). Por fim, convidamos os alunos a construírem panfletos de saúde advertindo sobre a relação de agentes mutagênicos com diferentes tipos de câncer e alterações genéticas. Os panfletos foram expostos na própria escola.

A Figura 4.10 representa a atividade realizada na Oficina sobre “Mutações e Saúde”.



**Figura 4.10. (a) Atividade de construção de panfleto sendo realizada por aluno; (b) Panfletos construídos pelos alunos (Oficina 4).**

Durante a atividade de construção dos panfletos, perguntamos se alguém da turma já tinha visto ou lido panfletos de prevenção em saúde. A maioria dos alunos disse que só conhecia panfletos sobre gravidez e métodos anticoncepcionais e, que na escola, sempre eram realizadas palestras sobre esses temas. Alguns alunos comentaram que não imaginavam que o tema “mutação” tinha a ver com doenças como o câncer.

Um aluno relatou:

*-“Outros alunos deveriam saber disso, pois sabem que fumar e usar drogas faz mal, mas não sabem o que acontece “lá dentro”, “no DNA”, que faz uma mutação...”*

Outro aluno completou:

*-“E no verão, as meninas que passavam coca-cola na pele...agora já sabem das mutações e vão contar para as outras...”*

A falha na articulação entre tópicos de saúde, tecnologia e educação é, em parte, responsável pelo não reconhecimento público de ciência como um bem a serviço do estado de saúde (SAMPAIO, 2000). Neste sentido, as oficinas realizadas no presente trabalho, buscaram evidenciar interfaces entre conhecimentos de ciências esperados para alunos que cursam o 7º Ano do Ensino Fundamental com biodiversidade, tópicos em saúde e em biotecnologia, perpassados pelo fenômeno de mutações biológicas.

Bizzo e Kawasaki (1999) comentam que aflorar o conhecimento do aluno não se trata apenas de uma forma de despertar seu interesse por um assunto, mas mobilizá-lo para a mudança, preparando-o para compreender e participar dos debates contemporâneos da sociedade. De acordo com L'Abbatte (1997), instrumentos e técnicas didáticas podem auxiliar na mediação de situações e conceitos no ensino de saúde com ganhos efetivos, mas isso requer profissionais treinados (FOUREZ, 1994), e, como citado por Martins (1990-b), no Brasil, a insuficiência de treinamento e recursos gera professores apáticos para propiciar sensibilização, motivação ou um enlace comunicacional entre os conteúdos obrigatórios e sua relação direta com a saúde e com os atuais temas biotecnológicos.

#### **4.2.5. Coleta de Dados após Oficinas (2ª coleta de dados)**

Uma semana após a conclusão das oficinas foi realizada uma nova coleta de dados, com representações gráficas (desenhos) e entrevistas individuais sobre a concepção dos alunos quanto ao conceito de “mutação”/ “mutante”. A entrevista apresentava as seguintes perguntas:

- O que você entende por mutação? E mutante?
- Como relaciona ciências e mutação?
- Que relação seu desenho tem com mutação?

Os resultados revelaram que a representação gráfica dos alunos já não concebia os mutantes como os seres extraordinários apresentados na ficção. Os desenhos permitiram a criação de quatro categorias através das quais os alunos relacionaram a concepção de “mutação” com temas científicos. A Tabela 4.3 corresponde à avaliação qualitativa de percentual de nossa pesquisa nessa 2ª coleta de dados.

Item	Categoria/Ideia dos desenhos	Nº de desenhos	%
1	Pessoas com câncer	8	38
2	Transgênicos	6	28
3	Mudança natural (Seleção Natural/ Evolução)	5	23
4	Síndromes	2	9,5
<b>Total</b>		<b>21</b>	<b>100</b>

**Tabela 4.3. Análise das concepções apresentadas pelos alunos com relação ao conceito de “mutação” (2ª coleta de dados).**

No momento da entrevista, alguns alunos expuseram o desejo de fazer mais de uma representação gráfica sobre “mutação”, por conta da multiplicidade de ideias que alegavam possuir. De acordo com as falas dos alunos, as oficinas ajudaram a compreender como surge a biodiversidade e também a possível origem de alguns tipos de câncer. Eles relataram também que foi muito importante saber que a ciência é capaz de criar mutantes, mas não como alguns filmes apresentam.

A aluna A, quando entrevistada após as oficinas, declara:

*-“Mutante é uma mudança no DNA, que pode acontecer se eu não cuidar da saúde, por exemplo...”*

*-“Se não fosse a escola, a televisão ia me iludir pra sempre com isso de mutantes! Agora sei que a ciência faz mutantes mas é diferente...e a ciência da escola pode passar pra gente o que a ciência do laboratório faz, não enganando como na novela...”*

*-“Meu desenho é de uma pessoa com câncer de pele.”*

A seguir, fala do aluno B:

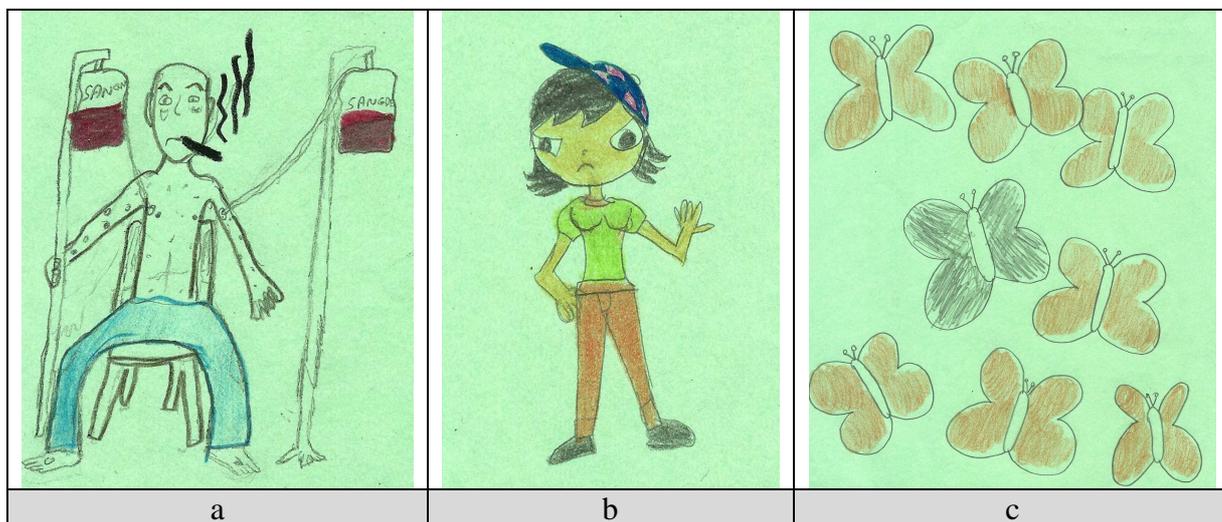
-“Mutante é um ser que sofre mudança no material genético;”

-“Agora sei que mutantes existem... mas não como eu pensava. Não pensei que algumas diferenças que alguns seres tinham podiam ser chamadas de mutações e agora sei que isso de mutantes tem tudo a ver com ciências.”

-“Meu desenho é de um menino com Síndrome de... Klin... Aquela que só acontece com os meninos ...”<sup>28</sup>

A aluna A, que antes concebia as características dos “mutantes” como algo possível de ser feito com a “ciência do laboratório”, demonstra, após as oficinas, capacidade de relacionar mutação com o desenvolvimento de doenças, como o câncer. O aluno B, que anteriormente não estabelecia relação entre a palavra mutação e ciências, agora se reposiciona dizendo que aprendeu que mutação tem tudo a ver com assuntos que estudou em Ciências (vide concepção prévia do aluno B na Figura 4.3 (a); concepção após as oficinas na Tabela 4.4(b)).

Os desenhos representados na Tabela 4.4 são exemplos de representações gráficas dos alunos, relacionando mutação às questões científicas trabalhadas ao longo das oficinas. As representações inseridas nessa tabela remetem, respectivamente, ao câncer (a), à Síndrome de Klinefelter (b), à Seleção Natural (c), aos transgênicos (d), aos efeitos da radiação nuclear (e) e à Evolução (f).



<sup>28</sup>Obs: o aluno se complica com o nome da síndrome (síndrome de klinefelter), mas lembra o perfil dessa síndrome, como, por exemplo, que sexo é acometido por ela e algumas características peculiares ao síndrômico, o que é corroborado com seu desenho: tabela IV.4.b.



**Tabela 4.4. Exemplos de representações gráficas feitas pelos alunos sobre mutação após oficinas. (a) Pessoa com câncer, (b) Síndrome de Klinefelter, (c) Seleção Natural, (d) Transgênicos, (e) Efeito da radiação nuclear e (f) Evolução.**

Através de informações trabalhadas nas sucessivas oficinas realizadas no presente trabalho, os alunos demonstraram ter entendido a importância de se estudar a diversidade da natureza e respeitar as diferenças. Ressaltamos a profusão de falas e expressões dos alunos que demonstraram compreender não somente temas científicos ligados ao conceito de mutação, bem como correlacioná-los a outros conteúdos tradicionalmente abordados no ensino de Ciências. Os alunos foram capazes de reconhecer, por exemplo, que misturas genéticas entre diferentes espécies não eram compatíveis na natureza, e, no caso dos organismos transgênicos, poderiam acarretar problemas até mesmo para a manutenção da estrutura da cadeia alimentar.

As oficinas foram aos poucos, trabalhando com os alunos a ideia de que “mutantes” podem ser quaisquer seres vivos que tenham sido acometidos de uma mudança no seu próprio material genético, o que pode resultar em síndromes, anomalias, câncer, transgenia ou mesmo, a evolução da espécie.

No entanto, para discutirmos a potencialidade do conceito de mutação no ensino de Ciências no 7º Ano do Ensino Fundamental, restava-nos identificar de que formas os alunos poderiam ter reorganizado os novos conceitos, caracterizando uma aprendizagem significativa.

Lemos (2006) define o termo “significativo” como algo que está relacionado com “atribuir significados”, ou seja, implica uma percepção, um processamento individual ou concepções representadas mentalmente pelo aluno. Neste contexto, as respostas apresentadas ao longo das oficinas, assim como as representações gráficas, nos serviram de

base para discussões sobre a potencialidade do conceito de mutação na perspectiva da Aprendizagem Significativa.

#### **4.2.6. Terceira e Última Coleta de Dados**

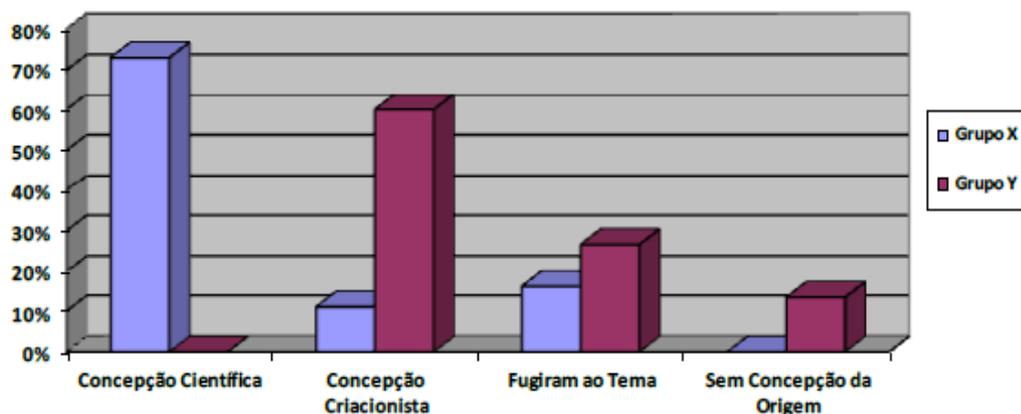
Em julho de 2012, sete meses após o término das oficinas, foi feita a última coleta de dados, onde se pode verificar que correlações sobre o conceito de “mutação” e os conteúdos de biodiversidade, saúde e biotecnologia poderiam ter perdurado, sendo mais uma vez analisadas à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa (o que corresponde ao 2º objetivo específico desta dissertação).

Ausubel (*apud* MOREIRA, 2011, p.164) enfatiza que, para evidenciar a ocorrência da aprendizagem significativa, é preciso formular questões de maneira nova, de forma que exija a máxima transformação do conceito adquirido, num contexto diferente do que originalmente foi feito. A fim de buscar tais evidências, no ensejo da Conferência Rio+20, em que temas voltados ao ambiente, biodiversidade e sustentabilidade estariam em voga nas discussões de sala de aula, pedimos à professora de Ciências responsável pela turma de 8º Ano do Ensino Fundamental em que se encontrava a maioria dos alunos que participaram anteriormente da pesquisa para que mediasse uma 3ª coleta de dados. A professora solicitou aos alunos uma redação sobre a origem da biodiversidade. Entendemos que, procedendo desta forma, estaríamos averiguando, num contexto diferenciado, a possibilidade dos alunos estabelecerem correlações entre o conceito de “mutação” e a origem da biodiversidade (tema abordado na Oficina 2).

Desta forma, a última coleta de dados foi realizada pela professora de Ciências responsável pela turma e não houve entrevistas. Após a coleta das redações, a professora foi orientada a discutir com a turma assuntos pertinentes à biodiversidade e, num próximo encontro com a turma, pedir aos alunos que, individualmente, representassem graficamente sua ideia sobre mutação e ciências, explicando, no verso da folha, o que queriam dizer com as representações.

Nesta 3ª coleta de dados, 19 dos 21 alunos que participaram das duas primeiras coletas e atividades se encontravam matriculados na Instituição, numa mesma turma de 8º Ano do Ensino Fundamental. Os outros 15 alunos que compunham a turma eram alunos que não haviam participado da pesquisa em 2011, totalizando, nessa coleta, 34 alunos. O termo de consentimento livre e esclarecido foi repassado aos alunos e responsáveis conforme o procedimento inicial da pesquisa descrito na página 32.

Dentre os 19 alunos (o equivalente a 56% da turma), 14 (73%) escreveram em algum momento da redação a palavra “mutação” e “evolução” como uma das causas para a origem da biodiversidade (concepção científica), três (16%) não escreveram sobre a origem da biodiversidade, mas sobre sua importância e dois alunos (11%) escreveram que “Deus criou a biodiversidade”. Dos 15 alunos que não participaram das oficinas (o equivalente a 44% da turma), nove versaram que a biodiversidade foi criada por Deus (o que equivale a 60% desse grupo) e, dos seis restantes, quatro (27%) fugiram ao tema da redação escrevendo apenas sobre a importância da biodiversidade e dois (13%) comentaram que não sabiam como a diversidade biológica surgia, mas que a Conferência Rio +20 seria importante para a preservação da natureza. Os dois grupos de alunos foram categorizados em X e Y, sendo o grupo X composto pelos alunos que participaram das oficinas e o grupo Y composto pelos alunos que não participaram das oficinas. Os resultados apresentados pelos dois grupos de alunos estão dispostos no gráfico apresentado na Figura 4.11.



**Figura 4.11. Gráfico representativo das respostas dos alunos obtidas na 3ª coleta de dados sobre o conhecimento da origem da biodiversidade.**

Quando comparados os resultados entre os dois grupos de alunos (X e Y), percebe-se que grande parte dos alunos que participou das oficinas mostrou correlações entre a origem da biodiversidade e a ocorrência das mutações. Entre os alunos que não participaram das oficinas, em sua maioria, imperava a concepção criacionista para a origem da diversidade dos seres vivos ou fugiram ao tema, descrevendo na redação a importância da biodiversidade.

Dentre as correlações feitas pelos alunos do grupo X, destacamos trechos de algumas redações, como:

-“... o DNA pode ter mutações e dar outras características diferentes.(...) às vezes, nem percebemos que mudou. (...) Algumas características diferentes são boas, outras não...” (aluna M);

-“O DNA pode mudar e dar uma nova característica...” (aluno B);

-“A biodiversidade acontece por causa da mutação do DNA, e aí surge uma coisa diferente...” (aluna J).

Nos trechos destacados, percebe-se que os alunos relacionaram o fenômeno das mutações do material genético como um dos fatores que pode ocasionar a biodiversidade. A aluna M, expressa, com suas palavras, que algumas mudanças podem ser “boas, outras não”. Essa concepção mostrada pela aluna M pode denotar conhecimentos sobre a relação que se estabelece entre o conceito de mutação e os temas científicos abordados nas oficinas sete meses antes.

Dos 19 alunos que haviam participado nas etapas anteriores de coleta de dados, 14 em suas redações apresentaram evidências de aprendizagem significativa. Como exemplo dessas evidências, citaremos as alunas G e J as quais, na coleta inicial apresentavam concepções sobre mutação influenciadas pela mídia e nas últimas coletas, demonstraram a aprendizagem do conceito de mutação em suas interfaces com biociências e saúde. A aluna G, no primeiro momento cita que “mutantes” são seres que têm “... *dons especiais, como videntes...*”. Sete meses depois, na redação escrita pela aluna, ela relata que: “*Na televisão, mutante é alguém com um dom especial,(...) mas aprendeu que “também pode ser alguém que teve o DNA mudado, como com câncer”*”. A aluna J, inicialmente expressava a ideia que “mutante” era “*alguém diferente, capaz de fazer coisas incríveis, como os super-heróis*”. Na última coleta, a aluna J relata que “*Mutante pode ser uma pessoa que teve o DNA modificado (...)*”. A mesma aluna acrescenta que: “*(...) pode ser também que ninguém veja essa mutação...*”.

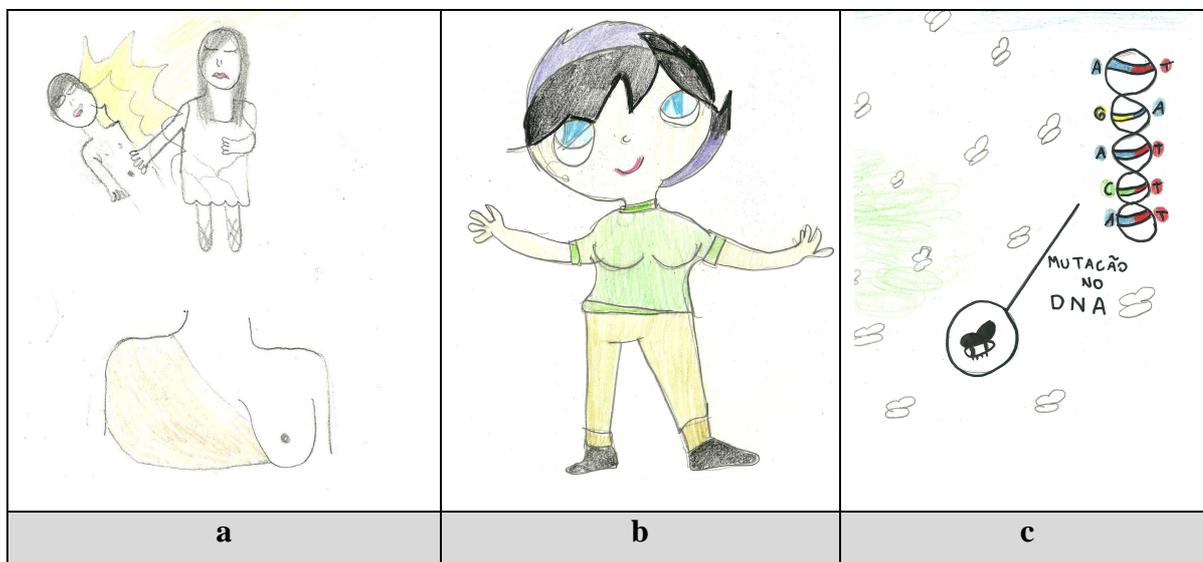
Para fins de comparação entre os resultados das três coletas, sintetizamos, no Apêndice D, alguns outros exemplos.

Ainda no que diz respeito à 3ª e última coleta de dados, no encontro posterior ao que foi solicitada a redação sobre a origem da biodiversidade, a professora pediu aos alunos que, individualmente, desenhassem o que sabiam sobre a relação entre mutação e ciências e comentassem a respeito, no verso da folha de papel. Os resultados das análises dos desenhos dos alunos que não participaram das oficinas (grupo Y) foram, em geral, relacionados à mídia, como super-heróis, seres com características extraordinárias,

monstros, similares aos encontrados na 1ª coleta de dados antes das oficinas com o grupo X (Tabela 4.2).

Dentre os alunos que participaram das oficinas, muitos foram os casos em que mais de uma ideia sobre mutação foi representada pelo mesmo aluno, dificultando a categorização conforme definida na Tabela 4.3. No entanto, importa relatar que 90% dos alunos estabeleceram, através dos desenhos, relações com os temas abordados nas oficinas, mostrando que assimilaram as interfaces entre o conceito de mutação com tópicos em saúde, como o câncer, com biodiversidade e tópicos em biotecnologia, como os organismos transgênicos. Em alguns casos, os alunos mostraram ideias midiáticas e, ao lado, científicas.

Como exemplos destas interfaces, na Tabela 4.5 (a), a aluna D explicou, no verso da folha em que fez o desenho, que seres com poderes podem ser chamados de “mutantes”, mas que ela entende que, na ciência, uma pessoa com câncer sofreu uma mutação em suas células. O desenho (b) da Tabela 4.5, de autoria do aluno B, confirma seu entendimento demonstrado na 2ª e 3ª coletas de dados que, um “síndrômico de Klinefelter” é um exemplo de mutante. O desenho (c) da Tabela 4.5 é a representação feita pelo aluno L de um inseto cuja alteração do DNA lhe conferiu uma mudança na coloração.



**Tabela 4.5. Representação gráfica dos alunos sobre a relação entre mutação e ciências (3º coleta de dados). (a) - Poder extraordinário na ficção científica e câncer de mama, na Ciência; (b) - Síndrome de Klinefelter; (c) - Mudança no DNA configurando nova coloração.**

Segundo Ausubel (2003, p. 105), quando se apreende uma nova ideia *a*, através da relação e da interação com a ideia relevante *A* estabelecida na estrutura cognitiva, alteram-se ambas as ideias e *a* assimila-se à ideia estabelecida *A*, passando essa por um estado de

ressignificação idiossincrático do aprendiz. Neste caso, a ideia ancorada  $A$  e a nova ideia  $a$ , interagem numa nova unidade  $A'a'$ , podendo configurar a modificação do conceito subsunçor (MOREIRA, 2011, p.166). Substituindo os termos  $A'$  por concepção midiática e  $a'$  por concepção científica, entende-se que a concepção midiática que outrora se apresentava como subsunçor para o tema “mutante”, com as oficinas didáticas, serviram de ancoragem às concepções científicas modificando o conceito subsunçor para um nível mais abrangente de conhecimento sobre o tema. Logo, tendo por embasamento a Teoria da Aprendizagem Significativa, os resultados apontam para o fato de que a concepção midiática  $A$  passou por um novo estado (ou mais amplo) de significação para os alunos.

Ainda que alguns alunos não tenham correlacionado, no momento da redação, o tema biodiversidade com mutações, Moreira (2008) destaca que a aprendizagem significativa não é aquela que o sujeito nunca esquece, mas, sim, aquela que atribui significados, que ancorem de forma substantiva (não literal) e não arbitrária, os novos conhecimentos aos conhecimentos prévios dos alunos. Uma forma substantiva pode ser entendida como uma forma plausível, sensível e não aleatória (AUSUBEL, 2003, p. 1) e a não arbitrária seria uma condição apropriada ou relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz (MOREIRA, 2011, p.164).

Para Ausubel (1968, 1978, 1980, 2000), o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe (ou já conhece). Libâneo (1994, p.43) complementa que aquilo que o aluno conhece depende da sua realidade e muitas são as situações no contexto de ensino em que os alunos não se apropriam dos conceitos, pelo fato de não estarem relacionados à sua vivência ou ainda por desconhecerem a relevância para sua vida. Quando ensinado de acordo com suas experiências e capacidade mental, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado e adquire mais estabilidade, caracterizando a aprendizagem significativa (MOREIRA E MASINI, 1982; MOREIRA, 1999, 2011).

Moreira (2011, p.162) ressalta que a Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por Ausubel não considera a aprendizagem mecânica ou automática como distinta ou dicotômica à aprendizagem significativa, mas como um contínuo, importando que a nova aprendizagem se conecte aos subsunçores do indivíduo, ainda que, a princípio seja através da memorização.

Retomando os resultados da 3ª e última coleta de dados do presente trabalho, vale lembrar que alguns alunos não fizeram correlação entre a origem da biodiversidade com mutação, mas esboçaram nos desenhos solicitados pela professora a relação entre mutação

e câncer. Isto talvez possa ser explicado pelo fato dos temas “mutação e câncer” terem sido trabalhados na última oficina e, estarem, portanto, na memória mais recente dos alunos ou ainda por serem temas que mais se aproximaram de sua vivência com familiares.

Com relação às ideias prévias que permanecem na mente dos alunos, mesmo após intervenções educativas, Mortimer (1996) propõe a “noção de perfil conceitual”. Segundo esse autor, o perfil conceitual:

*“... permite entender a evolução das ideias dos estudantes em sala de aula não como uma substituição de ideias alternativas por ideias científicas, mas como a evolução de um perfil de concepções, em que as novas ideias adquiridas no processo de ensino-aprendizagem passam a conviver com as ideias anteriores, sendo que cada uma delas pode ser empregada no contexto conveniente”*

(MORTIMER, 1996).

Berger & Luckmann (1967, p. 39 *apud* MORTIMER, 1996, p.29) enfatizam que dentre as realidades de um indivíduo, o cotidiano é uma realidade por excelência e, quando a atenção dessa realidade é deslocada para a “realidade” científica, por exemplo, tem-se uma marca na consciência, que ainda assim não é superada pela realidade do cotidiano.

O perfil epistemológico, colocado por Mortimer como perfil conceitual (p.33), é traçado pelas experiências individuais; portanto, cada qual tem uma “zona de perfil”, o que *“é definido pelo background cultural e pelas oportunidades que o indivíduo tem de usar a cada divisão do perfil na sua vida.”* Quando o aprendiz toma consciência de seu perfil, torna-se mais capaz de privilegiar linguagens sociais mais adequadas a determinados contextos. Logo, compreende-se que a possibilidade de convivência de saberes científicos e saberes do senso comum, desde que cada qual seja utilizado pelo indivíduo em contextos convenientes ao longo de sua vida. Até mesmo por que algumas ideias que perpassam de geração em geração e concepções alternativas podem ser consideradas conceitos do senso comum, que, para Viennot (1979 *apud* MORTIMER, 1996), *“são ideias pessoais,*

*fortemente influenciadas pelo contexto do problema e bastante estáveis e resistentes à mudança, de modo que é possível encontrá-las mesmo entre estudantes universitários.”*

Em trabalho realizado por Nascimento (2009), a concepção mostrada por estudantes do Ensino Fundamental, sobre o termo “mutante”, mostrava que era “uma forma evoluída da vida, onde as mudanças morfofisiológicas provocadas artificialmente nos seres vivos promovem características ou dons sobrenaturais, caracterizando os mutantes.” Nesse trabalho, foi levantada a questão que, em se tratando do conceito de “mutante”, os alunos não identificavam o limiar entre o que se tratava de avanço científico e o que era somente uma obra de ficção científica classificada como “revolucionária fantástica” (OLIVEIRA E ZANETIC, 2008) e, entre outras observações, constatando-se que as concepções prévias dos alunos são majoritariamente moldadas pela imprensa, sobretudo por filmes e novelas e a constante convivência dos alunos com esses meios comunicativos.

Estudos similares mostram que, não só no Ensino Fundamental, mas também em depoimentos de alunos recém-formados no Ensino Médio, concepções acerca de conceitos em genética refletem conhecimentos do senso comum e denotam fortes influências da mídia (ABRIL *et al.*, 2002 e 2004; ANDÉREZ, 2003).

Em artigo publicado no final da década de 1980, ficou evidente que até mesmo professores de Ciências têm arraigado em seus conceitos científicos ideias ultrapassadas ou percepções do senso comum. Uma ideia (interpretação conceitual) apresentada naquela época pelos professores pesquisados era a de que mutação biológica se tratava de “*uma modificação causada nas espécies pelo ambiente, no sentido de que esta é que gera mutantes e não de que alguns mutantes se adaptam ao meio e outros não*” (QUEIROZ E AZEVEDO, 1987), ficando evidente que o conceito de mutação era compreendido pelos profissionais que o mediavam de forma desatualizada, baseada nos pressupostos de Lamarck, no século XIX.

Importa, no entanto, salientar que pesquisas em educação têm se dedicado à “*compreensão dos meios de comunicação como educadores informais da sociedade e como novas linguagens que interferem nas convencionais*” (MORIN *apud* CUNHA, 2005).

Pesquisas atuais têm mostrado, ainda, que comportamentos sociais também podem estar sendo influenciados pela mídia, inclusive no que tange aos avanços científicos e sua relação com o corpo humano. Na investigação de Rocha (2007) sobre o imaginário científico sobre o corpo humano estabelecido pela mídia a partir dos anos 1950, é notável que:

*“Assistimos a uma redefinição antropológica da condição humana, quando na contemporaneidade todos os processos humanos são coisificados pela hiperbiologização do homem e sua realidade é progressivamente mediada pela tecnologia”*  
(ROCHA, 2007).

Gonçalves e colaboradores (2005) comentam que a convivência humana com a atual evolução tecnológica dos meios de comunicação tem determinado não somente novos padrões de convivência da espécie humana com o meio em que vive, mas também as formas pelas quais tem adquirido conhecimento. Neste contexto, Belloni (2003) comenta que a televisão tem sido um importante veículo no processo de socialização de conceitos, mas pode estar preenchendo o universo simbólico das crianças com imagens irreais. Para Fischer (2005), essas imagens, símbolos e sons transmitidos pela TV acabam por ter penetração significativa na sociedade.

De acordo com Pougy (2005):

*“A criança relaciona-se com a TV do mesmo modo que se relaciona com o que está a sua volta. A criança é receptiva das mensagens veiculadas a TV, ela recria de acordo com suas experiências em um processo de troca de conhecimentos, incorporando o que vê e ouve e retirando o que lhe interessa naquele momento”*  
(POUGY, 2005).

Não se pode negar que a mídia exerce tanta influência na formação do sujeito quanto a escola, a família, as instituições religiosas e a sociedade em geral. Importa ressaltar que a mídia participa da constituição de sujeitos e subjetividades *“na medida em que produz imagens, significações, enfim, saberes que, de alguma maneira, se dirigem à “educação” das pessoas, ensinando-lhes modos de ser e estar na sociedade em que vivem”* (FISCHER, 2002).

Não é à toa que as ciências sociais e humanas têm se voltado ao estudo das influências midiáticas no comportamento social. Viana e Reblin (2011) enfatizam que a sociedade apresentada nas narrativas da ficção não é apenas aquela em que vivemos, mas a que tememos, almejamos ou sonhamos, por isso, muitos se apropriam dela. No mundo dos super-heróis, os super-poderes são frutos de um processo de evolução da espécie que, pelos passos largos que a ciência tem dado rumo ao genoma e à biotecnologia, torna-se um “mito moderno” (REBLIN 2008 *apud* VIANA E REBLIN, 2011).

Na fala de Gomes-Maluf e Souza (2008), *“a ficção não é uma profecia da ciência, mas se impregna de elementos da realidade e da produção da ciência para se fazer ficcional e real perante a opinião pública”*.

Portanto, concordamos com Leite (2005) quando ressalta que, diante das informações trazidas pela mídia, as instituições de ensino precisam discutir a questão da influência dessas informações na educação. A escola precisa estar junto com o aluno no processo de entender os novos conceitos científicos, ultrapassando o nível da consciência ingênua. Assim, seu papel será, dentre outros, orientar para que os alunos atinjam o nível da consciência crítica sobre os próprios feitos da ciência, questionando-os ou participando deles. Como diz Paduan (2006): *“é imprescindível que o professor de ciências, especialmente no que diz respeito aos conceitos em genética, transmita aos alunos a ideia de que tal ciência está inserida num contexto social, político, histórico e econômico.”*

Questionar a ciência não é duvidar de seus feitos, mas talvez persegui-la pelos mesmos caminhos que a levaram a determinadas conquistas. Esses caminhos podem ser, dentre outros, a atraente história dos super-heróis.

Com o desenvolvimento da genética, nossas práticas de vida e éticas sociais passaram a ser influenciadas com os avanços do Projeto Genoma (RABINOW, 2002). O que poderia ser impossível há dez anos, hoje pode ser possível pela ciência e o que hoje é ficção, pode ser razão de investigação científica num futuro próximo.

Por entender que, na Teoria da Aprendizagem Significativa, um conceito ou proposição implica a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis (MOREIRA, 2011, p.164), entendemos que, quanto antes os alunos construírem subsunçores sobre conceitos em genética, discernindo o que se trata de conquista no campo científico e o que é especulação, mais facilmente irão ancorar esses conceitos de forma prazerosa e significativa.

Logo, ensinar ciências com conteúdos livrescos em detrimento ao apresentado pelas fantásticas ficções de *Hollywood* ou pelas “promessas” de um futuro de seres quase

imortais se torna um desafio a ser encarado por nós, professores e pesquisadores da área de ensino. Uma de nossas convicções, neste caso, é que as informações podem ser buscadas pelos alunos em vários lugares, mas para atribuir um novo significado, construindo ou reconstruindo subsunções com bases científicas é necessária a escola.

Apropriando-nos da fala de Pietrocola (2001), que diz respeito à discussão do conhecimento científico atual na sala de aula, é relevante que tais conhecimentos não reflitam uma imagem distorcida da ciência, mas que se revelem sempre o mais próximo ao aceitável pela comunidade científica atual, diminuindo as distâncias entre o conhecimento comum, escolar e a cultura científica. Afinal, concordamos com Libâneo (1994, p.39) que nos diz que é preciso elevar o ensino para um nível capaz de abordar os problemas humanos de maneira científica.

Ressalvando que o objetivo geral desta dissertação foi discutir as concepções dos discentes sobre o conceito de “mutação biológica” e as influências e potencialidades desse conceito no ensino de Ciências (biodiversidade, tópicos de saúde e biotecnologia). A intenção não foi detalhar, sob o ponto de vista genético, como ocorre cada tipo de mutação (até mesmo porque, esse é um tópico a ser aprofundado no Ensino Médio), mas evidenciar, através de oficinas didáticas, as relações que esse conceito estabelece com conteúdos tradicionais do 7º Ano do Ensino Fundamental, que, se orientados em direção a uma aprendizagem significativa, poderiam, no futuro, facilitar a assimilação ou ancoragem de novos conceitos.

Desta forma, ressaltando outro importante ponto levantado em nosso embasamento teórico, Gagliardi (1986) afirma que *“Conceito Estruturante é um conceito cuja construção transforma o sistema cognitivo, permitindo adquirir novos conhecimentos, organizá-los de outra forma e transformar, inclusive, os conhecimentos anteriores.”*

Com relação aos conceitos centrais da matéria a ser ensinada (Conceitos Estruturantes) e a relação com o material genético e o conceito de mutação biológica, pode-se intuir que a compreensão dos alunos sobre a capacidade de mutação do material genético é um conceito central à estruturação do conhecimento sobre a origem da vida, a biodiversidade, a evolução e a co-evolução, assim como tópicos de saúde, no que diz respeito à prevenção e ao uso da biotecnologia atual.

Quando Gagliardi (1986, p.31) ressalta a importância dos conceitos estruturantes no ensino de Ciências, entende-se que são conceitos centrais, que, se compreendidos pelos alunos, facilitariam a assimilação de outros conceitos subordinados a esse. Um exemplo apresentado por Gagliardi é quanto às maneiras diferentes com que estudantes entendem

obtenção de oxigênio e nutrientes pelo feto no ventre materno. Ele salienta que, se os alunos compreendessem o sistema de transporte que conecta todo o organismo, não teriam tantas concepções diferentes sobre esse processo biológico, como foi percebido em suas pesquisas. Portanto, enfatiza, ainda, que os conceitos centrais dos conteúdos a serem ensinados, se bem compreendidos pelos alunos, permitiriam a transformação conceitual e a consequente redução de memorizações. Para Gagliardi, quando se assimila um conceito estruturante muda-se o sistema de significação, permitindo ao aluno incorporar coisas sobre as quais não se davam conta antes ou tinham outro significado. Esse autor reconhece, ainda, que a enorme diversidade de organismos vivos e sua grande complexidade faz da Biologia uma disciplina de difícil compreensão e devido a grande diversidade de temas que aborda, se torna imprescindível uma base de conhecimentos científicos prévios (GAGLIARDI, 1986, p.32).

Diante desse fato, há autores, como Garcia (2000) que salientam a importância do uso de modelos didáticos como forma de sanar parte dos problemas referentes à compreensão de temas científicos abstratos, pois permitem uma abordagem simples de conceitos complexos e propõem, de certa forma, procedimentos inovadores aos professores, incluindo novas linhas de investigação educativa. Para Vasconcelos (1992), a aula meramente expositiva forma cidadãos passivos, não críticos, principalmente devido ao baixo nível de interação sujeito-objeto, ou seja, professor-aluno, o que gera um alto risco de não aprendizagem. Portanto, estratégias didáticas em que os alunos manipulam modelos didáticos em três dimensões facilitam a compreensão de temas abstratos, além de tornar a aula mais descontraída, desenvolvendo inclusive a criatividade dos alunos (imaginação).

Existem, porém, alguns cuidados que precisam ser adotados ao se recorrer a um modelo didático para ministrar uma aula que realmente construa conhecimentos significativos. Por exemplo, deve-se estar alerta para o limite do material como mera representação analógica. O professor deve tomar cuidado para deixar claro que um modelo é apenas uma representação, onde, neste caso, principalmente as medidas (tamanhos/proporções) devem ser consideradas. Caso contrário, os alunos poderão construir fantasias ou conceitos ilógicos sobre o tema proposto. Neste sentido, tivemos cuidado ao apresentar modelos aos alunos, daí a complementação com imagens em microscopia mostradas através de slides.

De acordo com Kelly (1993) e Rubin e colaboradores (2000), atividades práticas, bem contextualizadas, facilitam as sinapses e, à proporção que novos neurônios são formados, a aprendizagem é aperfeiçoada, pois novas conexões sinápticas são formadas.

Logo, cabe ao docente proporcionar esta gama diversificada de estímulos, desenvolvendo competências cognitivas e facilitando a aprendizagem dos alunos. Acreditamos que alcançamos este objetivo após analisar a evolução das respostas e posturas apresentadas pelos alunos. Após as aulas com a utilização dos modelos didáticos, atividades práticas diversificadas, discussões e vídeos, os resultados mostraram-se bem diferentes, confirmando os preceitos de Colinuax (1998) sobre a relevância e eficiência de recursos didáticos e a participação direta dos alunos na construção do conhecimento científico, sobretudo em genética.

Através das oficinas, foi possível abordar as interfaces que o conceito de mutação biológica estabelece com temas comuns ao ensino de Ciências e também com aqueles sugeridos pelos PCNs, como avanços científicos do século XXI e que, por vezes, são deixados de lado pela alegação dos professores de falta de infraestrutura (como, por exemplo, microscópios, lousas interativas, computadores).

As atividades por nós realizadas não dispuseram de recursos caros, inacessíveis ao ensino público e não necessitaram de aulas extras, fora dos tempos de aula já determinados pela Secretaria Estadual de Educação para o ensino de Ciências. Observamos que as aulas diversificadas gradativamente auxiliaram a construção do saber na turma onde realizamos as atividades e, ao contrário da metodologia tradicional, alcançaram respaldo e interesse dos alunos, pois se mostram próximas de sua realidade e significativas em relação ao futuro.

Além da percepção dos alunos no âmbito científico de que as mutações são pequenas alterações no material genético, na maioria das vezes imperceptíveis, e que podem trazer consequências benéficas ou deletérias, a abordagem do tema teve repercussões no comportamento social desses alunos diante dos colegas da classe especial da mesma escola e dos apelidos que antes eram comuns, usando a palavra “mutante”. A mudança atitudinal, observada nesse grupo de alunos com relação aos semelhantes “especiais”, permite análises em diferentes áreas de pesquisa e ratificam a importância da presente pesquisa diante dos objetivos traçados para a educação do século XXI, no que tange ao exercício da cidadania.

Por fim consideramos que os pressupostos de Gagliardi, Mortimer e Ausubel se coadunaram na perspectiva deste trabalho e acreditamos na continuidade e aprofundamento de discussões com base em desdobramentos dos resultados obtidos nesta pesquisa, que poderão contribuir futuramente com a área de Ensino em Biociências e Saúde.

## 5 - CONCLUSÕES

Com os resultados do presente trabalho, podemos concluir que:

- As representações gráficas dos alunos pesquisados e os dados coletados na primeira entrevista demonstraram a forte influência da mídia nas concepções prévias sobre o tema mutação biológica.

- O uso dos modelos didáticos em três dimensões tornou possível a assimilação de um conceito científico abstrato, funcionando, de acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa, como organizadores prévios.

- As atividades práticas desenvolvidas nas oficinas serviram de base para o entendimento da estrutura do genoma concretizando um conceito abstrato e, a partir dessa compreensão, das modificações possíveis, tornando o conceito de mutação biológica, compatível ao nível cognitivo dos alunos.

- As representações gráficas feitas pelos alunos que participaram das oficinas didáticas e suas respectivas explicações evidenciaram que houve aprendizagem significativa do conceito de mutação em suas interfaces com tópicos em biociências e saúde.

- Os alunos que participaram da última coleta de dados e que não haviam participado das oficinas das etapas anteriores, apresentaram representações gráficas e textuais semelhantes aos dados coletados inicialmente no primeiro grupo de alunos pesquisados.

- Através dos depoimentos dos alunos, diante do cenário social e educacional que viviam, consideramos ter obtido êxito em orientá-los sobre o conceito científico de mutação biológica e as interfaces que estabelece com os conteúdos tradicionais do 7º Ano do Ensino Fundamental e com alguns temas transversais dos PCNs.

Nossos resultados corroboram a necessidade de voltar a atenção para as concepções dos alunos frente a temas científicos atuais e potencialmente atrativos, reconhecendo a importância da mídia como canal de informações e da educação formal como formadora de cidadãos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, A. C. S. *Ciência, Educação e Sociedade: o caso do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC) e da Fundação Brasileira de Ensino de Ciências (FUNBEC)*. (Tese de Doutorado)- Casa de Oswaldo Cruz, FIOCRUZ, 2008.

ABRIL, A. M.; MAYORAL, M. V.; MUELA, F. J. **Los medios de comunicación social y la didáctica de La Genética y la Biología Molecular en E.S.O. La nueva alfabetización: un reto para la educación del siglo. XXI**. Ed. Centro de Enseñanza Superior en Humanidades y Ciencias de la Educación “Don Bosco”, pp. 367-368, 2004.

ABRIL, A. M.; MUELA, F. J.; QUIJANO, R. Herencia y genética: concepciones y conocimientos de los alumnos. **XX Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales Relación Secundaria Universidad**. Ed. Elortegui, Medina, Fernández, Varela y Jarabopp, pp. 200-206, 2002.

ALMEIDA, A. V.; DA ROCHA FALCÃO, J. T. As Teorias de Lamarck e Darwin nos livros didáticos de Biologia no Brasil. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 3, pp.649-665, 2010.

ALMEIDA, M. A. V.; BASTOS, H. N.; ALBUQUERQUE, E. S. C.; MAYER, M. Entre o sonho e a realidade: comparando concepções de professores de 1ª a 4ª séries sobre ensino de Ciências com a proposta dos PCNs. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. São Paulo, v.1, pp. 109-119, 2001.

ANDÉREZ, F. "Ué, mas gasolina não tem DNA?": Vestibulandos não estabelecem ponte entre conceitos científicos e vivência cotidiana. **Ciência Hoje – Revista Online**; 2003. Divulgação Científica: 04/09/03 – Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/materia/view/2285>>. Acessado em 21 de maio de 2011.

ANDO, N.; SAITO, Y.; TAKEMURA, K.; TAKADA, F.; IWAMITSU, Y. **Journal compilation- clin genet printed in Singapore**, pp. 75-81, 2008.

ARAÚJO-JORGE, T. C.; BARBOSA, J. V.; LEMOS, E. S. A implantação da pós-graduação em Ensino em Biociências e Saúde (PG-EBS) na Fundação Oswaldo Cruz: experiências, Lições e desafios. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v 3, n. 5, pp.87-106, 2006.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Ed. Plátano Edições Técnicas. Revisão científica Vitor Duarte Teodoro. Tradução Lígia Teopisto. 1ª Edição, Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

\_\_\_\_\_. **Educational psychology: a cognitive view**. New York, Holt, Rinehart, and Winston, p.685, 1968.

\_\_\_\_\_. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune & Stratton, 1963.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Tradução Eva Nick. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

\_\_\_\_\_. **Educational Psychology: a cognitive view**. 2 ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.

BAHAR, M.; JONSTONE, A. H.; HANSELL, M. H. Revisiting Learning Difficulties in Biology. **Journal of Biological Education**, v 33, pp.84-86, 1999.

BANET, E. & AYUSO, E. Introducción a la genética em la enseñanza secundaria y bachillerato: I- Contenidos de la enseñanza y conocimientos de los alumnos. **Enseñanza de las Ciências**, 13 (2), pp. 137-153, 1995.

BARALE, R.; CHELOTTI, L.; DAVINI, T.; DELRY, S.; ANDREASSI, M. G.; BALLARDIN, M.; BULLERI, M.; HE, J.; BALDACCI, S.; DI PEDE, F.; GEMIGNANI, F. & LANDI, S. Sister chromatid exchange and micronucleus frequency in human lymphocytes of 1,650 subjects in an Italian population: II. Contribution of sex, age and lifestyle. **Environmental Molecular Mutagenesis**, 31:228-242, 1998.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Tradução Luís Antero Reto, Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARRA, V. M.; LORENZ, K. M. Produção de materiais didáticos de Ciências no Brasil, período: 1950 a 1980. **Ciência e Cultura**, pp. 1970-1983, 1986.

BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade e o Contexto da Educação Tecnológica. Disponível em: <[www.campus-oei.org/salactsi/bazzo.htm](http://www.campus-oei.org/salactsi/bazzo.htm)>. 2005. Acessado em 18 de fevereiro de 2012.

BELLONI, M. L. A televisão como ferramenta pedagógica na formação de professores. **Revista Brasileira de Educação**, n.2, v.29, 2003.

BERNARDES, A. Quantos às Categorias e aos Conceitos. **Revista Formação Online**, n. 18, volume 2, pp. 39-62, jul./dez., 2011. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/602/1225>>. Acessado em 15 de janeiro de 2013.

BERTONI, D. Um estudo dos estilos de pensamento biológico sobre o fenômeno vida. (Mestrado em Educação)-Programa de Pós-graduação em Educação, UFPR, 2007.

BIZZO, N.; KAWASAKI, C. S. **Ciências: que temas eleger?** Porto Alegre, v.1, n.1, pp. 25-34, 1999.

BIXLER, A. Teaching Evolution with the Aid of Science Fiction. Source: The American Biology Teacher, vol. 69, No. 6 (Aug., 2007), pp. 337-340. Published by: University of California Press on behalf of the National Association of Biology Teachers Stable URL: <<http://www.jstor.org/satble/4452174>>. Acessado em: 02 de fevereiro de 2012.

BORÉM, A.; COSTA, N. M. B. **Biotecnologia e Nutrição: saiba como o DNA pode enriquecer os alimentos**. São Paulo: Nobel, 2003.

- BOWLER, P. J. **Evolution: The History of an Idea**. 3rd edition ed. [S.l.]: University of California Press, 2003.
- BRAKE, M.; THORNTON, R. **Science fiction in the classroom**. School of Applied Sciences, University of Glamorgan. Special Feature: space and science fiction. iop publishing ltd, 2003.
- BRANDÃO, R. L.; ACEDO, M. D. P. Modelos didáticos em genética: a regulação da expressão do operon de lactose em bactérias. In: **Congresso Nacional de Genética, 46**. São Paulo, Genetics and Molecular Biology, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998-a.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do Ensino Fundamental; temas transversais**. Brasília: MEC/SEF, 1998-b.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996.
- BRITTON, L. A. An exploratory study of the impact of hypermedia-based approach an science-in-fiction approach for instruction on the polymerase chain reaction. (Dissertation) - Faculty of Lousiana, Lousiana, 361f, 1998.
- BURNS, G.W.; BOTTINO, P. J. **Genética**. Guanabara Koogan, 1991.
- CAMPBELL, G. “Empedocles”. Internet Encyclopedia of Philosophy, 2008. <<http://www.iep.utm.edu/e/empedocl.htm>>. Acessado em: 23 de janeiro de 2012.
- CANDAU, V. **A didática hoje: Uma agenda de trabalho**. En: V. Candau (Ed.), Didática, currículos e saberes. Rio de Janeiro: DP&A, pp.149-160, 2000.
- CARRETERO, M. **Construtivismo e Educação**. Tradução de Jussara Haubert Rodrigues. 2 ed. rev. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- COLINUAX, D. **Modelos e Educação em Ciências**. Rio de Janeiro: Ravil, 1998.
- COTRIM, G. **Fundamentos da filosofia: ser, saber e fazer**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- COUPRIE, D. L. “Anaximander”. Internet Encyclopedia of Philosophy. 2010. <<http://www.iep.utm.edu/anaximan/#H8>>. Acessado em: 23 de janeiro de 2012.
- CRUZ, F. A. O. Desempenho Educacional e renda Domiciliar: Análise do IDEB dos Municípios da Baixada Fluminense. **Revista Eletrônica de Extensão da URI**. Vivências. vol.8, n.14: pp.92-99, Maio 2012.

- CUNHA, L. Transgênicos: revolução à vista. **Globo Rural**. São Paulo: Globo, ano. 20, n. 234, abril 2005.
- DARWIN, C. **As Cartas de Charles Darwin uma seleta, 1825-1859** (editadas por Fredenck Burkhardt). São Paulo. Ed.Unesp, Cambridge University Press, 2000.
- DEMO, P. Entrevista à Revista Eletrônica Educacional. 2004.  
<[www.portaleducacional.com.br/entrevistas](http://www.portaleducacional.com.br/entrevistas)>. Acessado em 07 de abril de 2011.
- \_\_\_\_\_. **Desafios Modernos da Educação**. Petrópolis: Editora Vozes, 1993.
- DYSON, F. J. **Mundos imaginados: conferências Jerusalém-Harvard**. Trad. Cláudio Weber Abramo. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.
- DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; SCOOT, P.; MORTIMER, E. Construindo conhecimento científico em sala de aula. **Química Nova na Escola**. São Paulo, 1999.
- DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, n. 75, v. 6, pp.649-672, 1991.
- DUVAL, R. Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitive de la penssé. **Annales de Didactique et de Science Cognitives**, IREM de Strasbourg. v.5, pp.37-65, 1993.
- EL-HANI, C. N. Between the cross and the sword: The crisis of the gene concept. **Genetics and Molecular Biology**, 30(2), pp. 297-307, 2007.
- FATÁ, R. M. A Evolução do Ensino de Ciências. **Educação Pública**. 2007.
- FERREIRA, A. B. H. **Mini Aurélio Século XXI: o minidicionário da língua portuguesa**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2001.
- FERRO, E. S. Biotecnologia translacional: hemopressina e outros peptídeos intracelulares. **Estudos avançados**, pp.24-70, 2010.
- FLOR, C. C. Modelos e modelizações: o ensino da estrutura do DNA. In: **Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia**, 2004. São Paulo, Anais. Campinas: Graf. FE; 2004.
- FISCHER, R. M. B. Mídia e Juventude: Experiências do Público e do Privado na Cultura. *Cad. Cedes*, Campinas, vol. 25, n. 65, pp. 43-58, jan./abr. 2005.  
Disponível em: <<http://www.cedes.unicamp.br>>. Acessado em 05 de fevereiro de 2011.
- \_\_\_\_\_. O dispositivo pedagógico da mídia: modos de educar na (e pela)TV. **Educação e Pesquisa**, v. 28, n. 1, São Paulo, jan/ jun., 2002.
- FOUREZ, G. **Alphabétisation scientifique et technique**. Bruxelles, Belgium, 1994.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 20ª ed. São Paulo: Paz e terra, 2001.

FUTUYMA, D. J. **Biologia Evolutiva**. Tradução por: Mario de Vivo. 2. ed. São Paulo: FUNPEC, p.632 , 2002.

\_\_\_\_\_. **Biologia Evolutiva**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética / CNPq, 1993.

GAGLIARDI, R. Los Conceptos Estructurantes en El Aprendizaje por Investigación. **Enseñanza de Las Ciencias**, pp.30-35, 1986.

GARCIA, P. F. F. Os modelos didáticos como instrumento de análises e de intervenção na realidade educativa. **Revista eletrônica da Universidade de Barcelona**, nº 207, 2000.

GASPAR, A. A Educação Formal e a Educação Informal em Ciência. **Ciência e Público**. Caminhos da Divulgação Científica no Brasil. Rio de Janeiro: Casa da Ciência – Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, pp.171-183, 2002.

GASPAR, A.; HAMBURGER, E. W. “Museus e Centros de Ciências – Conceituação e proposta de um Referencial Teórico”. In: NARDI, R. (org.). **Pesquisas em Ensino de Ciências**. São Paulo: Escrituras, 1998.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. Aprendendo Ciências através de Modelos e modelagem. In: COLINUAX, D. **Modelos e Educação em Ciências**. Rio de Janeiro: Ravil, 1998.

GILL, M. J. **Augustine in the Italian Renaissance: Art and Philosophy from Petrarch to Michelangelo**. Cambridge University Press. 2005.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. **As Origens do Saber: das Concepções dos Aprendentes aos Conceitos Científicos**. 2 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GOMES-MALUF, M. C.; SOUZA, A. R. A Ficção Científica e o Ensino de Ciências: o imaginário como formador do real e do racional. **Ciência & Educação**, Bauru, v.14, n.2, 2008.

GONÇALVES, E. M.; JAGENESKI, C. de S.; SANTOS, L. C. N.; FISCHER, L.; DE VASCONCELOS, S. M.; **A linguagem dos meios no processo ensino-aprendizagem**. Universidade Metodista de São Paulo– UMESP. São Paulo, 2005.

GONSEBATT, M. E.; VEGA, L.; SALAZAR, A. M.; MONTERO, R.; GUZMAN, P.; BLAS, J.; DEL RAZO, L. M.; GARCIA-VARGAS, G.; ALBORES, A.; CEBRIAN, M. E.; KELSH, M. & OSTROSKY-WEGMAN, P. **Cytogenetics effects in human exposure to arsenic**. **Mutation Research**, 386:219-228, 1997.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Além da detecção de modelos mentais dos estudantes uma proposta representacional integradora. **Revista Investigação em Ensino de Ciências**, 2002.

GRESH, L.; WEINBERG, R. **A Ciência dos Super-heróis**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.

GUARESCHI P, A.; BIZ, O. **Mídia, Educação e Cidadania: Tudo o que você deve saber sobre mídia**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2005.

HOBSBAWM, E. **A era dos extremos: O breve século XX: 1914-1991**/ tradução Marcos Santarrita; revisão técnica Maria Célia Paoli. São Paulo: Companhia da Letras, 1995. Ed: 2005.

\_\_\_\_\_. **A Era dos extremos. O breve século XX – 1914-1991**. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

INOCÊNCIO, M. T.; FAGUNDES, M. G.; OLIVEIRA, M. G. M. G.; GASPARINI, A. T. B.; BARBIERI, M. R.; COVAS D. T. Doenças hereditárias e não-hereditárias – estratégias de ensino e incentivo. In: **47º Congresso Nacional de Genética**. Águas de Lindóia, 2001. Resumos, SBG – Sociedade Brasileira de Genética, 2001. Disponível em: <<http://sites.netsite.com.br/sbgteste/PDF/47/1426.pdf>>. Acessado em: 23 de março de 2011.

JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. **A Utilização de Modelos Didáticos no Ensino de Genética - exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto**. 2006.

JUSTINA, L. A. D.; FERRARI, N.; ROSA, V. L. Genética no Ensino Médio: temáticas que apresentam maior grau de dificuldade na atividade pedagógica. In: **Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia**, São Paulo: USP, pp.794-795, 2000.

KELLY, R. B. **Storage and release of neurotransmitters**. Cell. 72 Suppl, 1993.

KNIPPELS, M. C. P. J.; WAARLO, A. J.; BOERSMA, K. T. Design criteria for learning and teaching genetics. **Journal of Biological Education**, 39, pp.108-112, 2005.

KOSMINSKY, E. A. **A História da Idade Média**. s.l. Editorial Vitória, 1960.

KRASILCHICK, M. **Práticas do Ensino de Biologia**. São Paulo: EDUSP; Universidade de São Paulo, 4ª Ed, 2004.

\_\_\_\_\_. **O professor e o Currículo de Ciências no 1º grau**. São Paulo: Atual, 1987.

KREUZER, H.; MASSEY, A. **Recombinant DNA and biotechnology: a guide for teachers**. 2. ed. Washington: ASM Press, 2001.

L'ABBATTE, S. Comunicação e educação: Uma prática de saúde. In: **Agir em Saúde: Um Desafio para o Público** (E. E. Merhy & R. Onocko, org.), São Paulo: Editora Hucitec/Buenos Aires: Lugar Editorial, pp. 267-292, 1997.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; SILVA, O. H. M. Multimodos e Múltiplas representações, aprendizagem Significativa e Subjetividade. Três Referenciais Conciliáveis da Educação Científica. **Ciência e Educação**, Baurú, vol. 17, nº 2, 2011.

LANNES, D.; FLAVONI, L.; DE MEIS, L. The concept of science among children of different ages and cultures. **Biochemical Education**, 1998.

- LARSON, E. J. **Evolution: The Remarkable History of a Scientific Theory**. [S.l.]: Modern Library, 2004.
- LA TAILLE, Y.; OLIVEIRA, M. K.; DANTAS, H. **Piaget, Vygotsky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão**. O lugar da interação social na concepção de Jean Piaget. 13ª ed. São Paulo: Summus, 1992.
- LEITE, B. Biotecnologias, clones e quimeras sob controle social: missão urgente para a divulgação científica. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, 14(3), pp. 40-46, 2000.
- LEITE, D. M. **O desenvolvimento da criança: leituras básicas**. 3ª ed. São Paulo: Editora Nacional, 2005.
- LEMOS, E. S. El Aprendizaje Significativo y La Formación de Profesores de Ciencias y Biología. Marco Teórico, Didático y Epistemológico (Tese de Doutorado)-Burgos, 2008.
- \_\_\_\_\_. A Aprendizagem Significativa: Estratégias Facilitadoras e Avaliação. Série Estudos- **Revista do Mestrado em Educação da UCDB**, 21, pp.53-66, 2006.
- LEWIS, J.; WOOD-ROBINSON, C. **Genes, chromosomes, cell division and inheritance - do students see any relationship?** Research Report. int. j. sci. educ., vol. 22, n. 2, pp.177-195, 2000.
- LIBÂNEO, J. C. **Didática**. Série Formação do professor. Editora Cortez, 33ª impressão, 1994.
- \_\_\_\_\_. **Democratização da escola pública: a pedagogia crítica-social dos conteúdos**. 8ª ed. São Paulo: Editora Loyola, 1989.
- LIMA, B. D. Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento - nº 23 - novembro/dezembro 2001. A produção de insulina humana por engenharia genética. Disponível em: <<http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio23/producao.pdf>>. Acessado em 15 de agosto de 2011.
- LIMA, V. A. **Sete teses sobre a relação Mídia e Política**. Mimeo, 2003.
- LORENZETTI, L. **Alfabetização científica no contexto das séries iniciais**. Florianópolis: UFSC, p.128, 2000.
- LORETO, E. L. S.; SEPEL, L. M. N. A escola na era do DNA e da Genética. **Ciência e Ambiente**, v. 26, pp.149-156, 2003.
- LYELL, C. Charles Lyell and Modern Geology. **The Century Science Series**. Edited by Sir Henry, E. Roscoe, 1835.
- MACEDO, E. Ciência, tecnologia e desenvolvimento: uma visão cultural do currículo de Ciências. In: LOPES, A. C. e MACEDO, E. (Org.). **Currículo de Ciências em debate**. Campinas: Papyrus, pp.119-153, 2004.

- MACHADO, C. A. Filmes de ficção científica como mediadores de conceitos relativos ao meio ambiente. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 2, p. 283-294, 2008.
- MAGALHÃES, A. Ciência e saúde na mídia: reflexões sobre as análises de conteúdo e de discurso de notícias e produtos com a palavra DNA. (Dissertação de Mestrado)- FIOCRUZ, Rio de Janeiro, 2009.
- MARTINS, L. A. P. A história da Ciência e o ensino da Biologia. **Ciência & Ensino**, Campinas, n. 5, pp. 18-21, 1998.
- MARTINS, J. P. **Didática Geral**. São Paulo. Editora Atlas, 1990-b.
- MARTINS, R. A. A teoria aristotélica da respiração. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**. Campina, série 2, 2(2), pp. 165-212, jul/dez, 1990-a.
- MATHIAS, J. Biotecnologia: Alimentos Transgênicos. Análise Setorial. Panorama Setorial: **Gazeta Mercantil**, v.1, out. 1999.
- MAYR, E. As Revoluções científicas de Tomas Khun acontecem mesmo? In: **Biologia, ciência única**. São Paulo: Cia das Letras, pp.174-184, 2005.
- \_\_\_\_\_. **O Desenvolvimento do Pensamento Biológico**. Brasília: Ed. UnB, 1998.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Instituto Nacional de Câncer. Coordenação de programas de controle do câncer. **O problema do câncer no Brasil**. Quarta edição revisada e atualizada. Rio de Janeiro, 2002.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2.ed. ampliada. São Paulo: EPU, 2011.
- \_\_\_\_\_. A teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. In: MASINI, E. F. S. & MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: condições para a ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos**. São Paulo: Vetor, 2008.
- \_\_\_\_\_. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, p.129, 1999.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, p.112, 1982.
- MOORE, J. A. **Science as a Way of Knowing - Genetics**. Amer. Zool. v. 26, pp. 583-747, 1986.
- MORRISON, G. **Superdeuses – Mutantes, Alienígenas, Vigilantes, Justiceiros mascarados e o significado de Ser Humano na Era dos Super-Heróis**. Tradução Érico Assis. São Paulo: SEOMAN, 2012.
- MORTIMER, E. F. Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências – V1(1)**, pp.20-39, 1996.

\_\_\_\_\_. Pressupostos Epistemológicos para uma Metodologia de Ensino de Química: Perfil Epistemológico e Mudança Conceitual. **Química Nova**, Sociedade Brasileira de Química, São Paulo, v.15, n.3, pp. 242-249, 1992.

NAGEM, R. L.; CARVALHAES, D.; DIAS, J. A. Uma Proposta de Metodologia de Ensino com Analogias. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 14, n. 1, p. 197-213, 2001.

NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H. L.; MENDONÇA, V. M. O ensino de Ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. **Revista histedbr on-line**, Campinas, n.39, pp. 225-249, set. 2010.  
<[http://www.histedbr.fae.unicamp.br/revista/edicoes/39/art14\\_39.pdf](http://www.histedbr.fae.unicamp.br/revista/edicoes/39/art14_39.pdf)>. Acessado em 20 de junho de 2011.

NASCIMENTO, J. M. L.; MEIRELLES, R. M. S. Concepções sobre o tema Mutações: o enfoque da mídia e o papel do ensino formal. **III Encontro de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente**. Niterói, RJ, 2012.

NASCIMENTO, J. M. L. Construção de material didático que auxilie na compreensão da estrutura genômica e de fenômenos relacionados à dinâmica do DNA e análise das concepções dos discentes sobre o tema. (Monografia Especialização)- UERJ, 2009.

NEEDHAM, J.; RONAN, C. A. The Shorter Science and Civilisation in China: An Abridgement of Joseph Needham's Original Text. Cambridge University Press. vol. 1, 1995.

NODARI, R. O.; GUERRA, M. P. Plantas transgênicas e seus produtos: impactos, riscos e segurança alimentar (Biossegurança de plantas transgênicas). **Revista de Nutrição**, v.16, n. 1, pp.105-116, 2003.

NOGUEIRA, R. P. Higiomania: a obsessão com a saúde na sociedade contemporânea. In: **Vasconcelos, E.M.** (org) A saúde nas palavras e nos gestos: reflexões da rede de educação popular e saúde. São Paulo: Editora Hucitec, capítulo 5; pp.94-119, 2001.

NUNES, F. de M. F.; FERREIRA, K. S.; DA SILVA, W. A. Jr.; BARBIERI, M. R.; COVAS, D. Genética no Ensino Médio: uma prática que se constrói. **Revista Genética na Escola**, São Paulo, 2008.

NUÑES, I. B.; LIMA, A. A. Aprendizagem por modelos: utilizando modelos e analogias. In: Nuñez, I. B; Ramalho, B. L. (Org.). **Fundamentos do ensino-aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática: o novo Ensino Médio**. Porto Alegre: Sulina, 2005.

ORLANDO, T. C.; LIMA, A. R.; SILVA, A. M.; FUZISSARI, C. N.; RAMOS, C. L.; MACHADO, D.; FERNANDES, F. F.; LORENZI, J. C. C.; LIMA, M. A.; GARDIM, S.; BARBOSA, V. C.; TRÉZ, T. A. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**. Unifal- MG. 2009.

OLIVEIRA, A. A.; ZANETIC, J. Critérios para analisar e levar para a escola a ficção científica. **XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Curitiba, 2008.

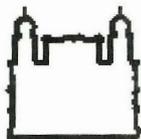
- PADUAN, P. J. **As Implicações das Novas Tecnologias no Ensino de Biologia na Escola Média**. Programa de Formação Científica do discente – FAPIC/UNINOVE, São Paulo, 2006.
- PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, M. T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; NUNES, W. M. C. Saber científicos e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do Ensino Médio sobre Transgênicos. **Ciência & Educação**, v.14, n1, pp.135-146, 2008.
- PEREIRA, M. V. **Estética da Professoralidade: um estudo interdisciplinar sobre a subjetividade do professor**. São Paulo: PUCSP/PPG Educação - Supervisão e Currículo, 1996.
- PESQUERO, J. B.; MAGALHÃES, L. E.; BAPTISTA, H. A. S. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento** - n° 27- julho/agosto 2002.  
<<http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio27/animais.pdf>>. Acessado em 10 de agosto de 2011.
- PIERCE, B. **Genética, um enfoque conceitual**. Editora Guanabara Koogan, 2004.
- PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. O contexto científico-tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexiva: perspectiva e enfoque. Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. **Revista Iberoamericana de Educación** n.º 49/1. 2009.
- PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de Ciências através de modelos. **Revista Investigação em ensino de Ciências**, 2001.  
Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino>>. Acessado em 20 de outubro de 2010.
- POUGY, E. G. P. As mensagens da Televisão e a reação de seus receptores, 2005.  
Disponível em: <[www.redebrasil.tv.br/educacao/artigos/as\\_mensagens\\_da\\_televisao.htm](http://www.redebrasil.tv.br/educacao/artigos/as_mensagens_da_televisao.htm)>  
Acessado em 18 de setembro de 2009.
- POZO, J. I.; CRESPO, M. A. **Aprender y Enseñar Ciências**. Madrid: Morata, 1998.
- QUEIROZ, G.; AZEVEDO, C. A. **A Ciência alternativa do senso comum e o treinamento de professores**. Cad. Cat. Ens. Fis. Florianópolis, 4(1): 7-16, abr. 1987.
- RABINOW, P. **Antropologia da razão – ensaios de Paul Rabinow**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2002.
- RAMOS, V. Construção de material didático que auxilie o professor no ensino do tópico vinculação de indivíduos através da análise do DNA. (Monografia Especialização)- UFRJ, 2009.
- REALE, G.; ANTISERI, D. **História da Filosofia**. Vol I- Antiguidade e Idade Média. Paulus: São Paulo, 2005.

- REICH, R. **The Work of Nations: Preparing Ourselves for 21st Century Capitalism.** New York: Vintage Books, 1992.
- REIGOTA, M. **A floresta e a escola.** São Paulo: Editora Cartaz, 1998.
- RIDLEY, M. **Evolução.** 3ªed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- RIFKIN, J. **O Século da Biotecnologia.** São Paulo: Editora Makron Books, 2005.
- ROBERTS, A. **Science Fiction.** The new critical idiom. London and New York: Routledge, 2000.
- ROCHA, C. A. **O imaginário científico sobre o corpo construído pela mídia a partir de 1950.** UFMG, 2007.
- RONAN, C. A. **História ilustrada da ciência: a Ciência nos séculos XIX e XX.** Rio de Janeiro: J. Zahar, 1987.
- RUBIN, M. A.; BOEMO, R. L.; JURACH, A.; ROJAS, D. B.; ZANOLLA, G. R.; OBREGON, A.D.; SOUZA, D. O, and MELLO, C. F. **Intrahippocampal spermidine administration improves inhibitory avoidance performance in rats.** Behav Pharmacol. 11: 57- 61, 2000.
- RUNDGREN C. J.; TIBELL L. A. E. **Critical features of visualizations of transport through the cell membrane-an empirical study of upper secondary and tertiary students' meaning-making of a still image and an animation.** Int. J. Sci. Math. Educ. 2009.
- SAMPAIO, F. T. **Passado terminal: Cinco séculos de tentativas não foram suficientes para aproximar a saúde pública brasileira das salas de aula.** **Educação**, v. 9, pp. 62-63. 2000.
- SCHEID, N. M.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. **A Construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA.** **Ciência & Educação**, v.11, n.2, 2006.
- SCHNEIDER, E. M.; JUSTINA, L. A. D. ANDRADE, M. B. S.; OLIVEIRA, T. B.; CALDEIRA, A. M. A.; MEGLHIERATTI, F. A. **Conceitos de gene: construção histórico-epistemológica e percepções de professores do ensino superior.** **Investigações em Ensino de Ciências**, v.16 (2), pp.201-222, 2011.
- SOUZA, O. **Breve Histórico do Ensino de Ciências Naturais: Fases e Tendências Dominantes.** Parte II, 2010.
- TEKKA YA, CEREN.; ÖZKAN, ÖZLEM.; SUNGUR, SEMRA. **Biology concepts perceived as difficult by turkish high school students lise öğrencilerinin zor olarak algıladıkları biyoloji kavramları.** *hacettepe üniversitesi eğitim fakültesi dergisi* 21 : 145-150, 2001.
- TIBELL, L. A. E.; RUNDGREN, C. J. **Educational Challenges of Molecular Life Science: Characteristics and Implications for Education and Research.** **CBE- Life Sciences Education**, v. 9, pp.25-33, 2010.

- THOMPSON, M. W.; McINNES, R. R.; WILLARD, H. F. (THOMPSON & THOMPSON). **Genética Médica**. 5ª Ed. Guanabara Koogan, 1991.
- TRAVASSOS DA ROSA, A. P. A.; VASCONCELOS, P. F. C.; TRAVASSOS DA ROSA, J. F. S. Introduction. In: **An Overview of Arbovirology in Brazil and neighbouring countries**. Belém: Instituto Evandro Chagas, p.85, 1998.
- VALE, J. M. F. Educação Científica e Sociedade. In: NARDI, R. (Org.). **Questões atuais no Ensino de Ciências**. São Paulo: Escrituras, pp.1-7, 1998.
- VASCONCELOS, C. S. Metodologia dialética em sala de aula. **Revista de Educação AEC**. Brasília: AEC do Brasil, ano 21, nº 83, 1992.
- VEIGA, I. Didática: Uma retrospectiva histórica. In: Veiga (Ed.). **Repensando a Didática**. Campinas: Papyrus, pp. 82-95, 1978.
- VIANA, N. (2011). Breve História dos Super-heróis. In: VIANA, N.; REBLIN, I. A. (Org). **Super-Heróis, Cultura e Sociedade: Aproximações multidisciplinares sobre o mundo dos quadrinhos**. Aparecida, SP: Idéias & Letras, pp.15-53, 2011.
- VIANA, N.; REBLIN, I. A. **Super-Heróis, Cultura e Sociedade: Aproximações multidisciplinares sobre o mundo dos quadrinhos**. Aparecida, SP: Idéias & Letras, 2011.
- VOET, D.; VOET, J.; PRATT, C. W. **Fundamentos de Bioquímica**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2002.
- VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- WAIZBORT, R. Cento e quarenta anos sem Charles Darwin bastam: sobre variedades, espécies e definições. **Princípios**, 4 (1), UFSC, 2000.
- WOLF, M. **Teorias das Comunicações de Massa**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

## APÊNDICE A

### Parecer do Comitê de Ética da FIOCRUZ



Ministério da Saúde  
FIOCRUZ  
Fundação Oswaldo Cruz  
Instituto Oswaldo Cruz  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS-CEP FIOCRUZ-IOC

Rio de Janeiro, 26 de dezembro de 2011.

#### PARECER APROVADO

Título do Projeto: **"Análise das concepções dos discentes sobre o tema mutação através da mídia e de oficinas de construção de material didático"**

Registro do Projeto no CEP Fiocruz-IOC: **610/11**

Pesquisador (a) Responsável: **Juliana Macedo Lacerda Nascimento**

Instituição Proponente: **IOC/PG EBS (MA)**

#### Síntese do projeto:

Este é um projeto de mestrado. No espaço evolutivo entre a sociedade, a tecnologia e a educação, a escola exerce uma função de valor ímpar. O papel social da escola é o de democratizar o conhecimento construído ao longo do tempo em diferentes culturas. Como parte da cultura está a Ciência e, portanto, todo cidadão tem direito de conhecê-la. Ao iniciarmos o século XXI percebemos que há uma distância significativa entre o que deveria ser e o que é o ensino de Ciências. O tradicionalismo na metodologia seja pela falta das aulas práticas, experimentos e modelos didáticos desencadeiam situações de desinteresse e desestímulos na relação ensino-aprendizagem que são refletidos não só na vida escolar, mais principalmente, na vida social dos estudantes, o que faz com que o objetivo do ensino perca seu principal foco.

O tema mutação tem sido fortemente lançado na mídia através de filmes de ficção científica, conectando as alterações do material genético a aquisição de características extraordinárias que ultrapassam as potencialidades biológicas. Cientificamente o termo mutação abrange anomalias genéticas, câncer, produção de medicamentos, terapias e muitos outros aspectos que precisam ser explanados aos alunos para que estes possam discernir a ficção e o desenvolvimento científico.

Nesta perspectiva, o projeto irá analisar as concepções dos discentes do segundo ano do Ensino Médio do sobre o tema mutação advindos das mídias e das oficinas de construção de modelos didáticos, onde, de forma prática, os processos mutagênicos serão ligados à saúde e a biotecnologia.

#### Objetivos:

Verificar o conhecimento prévio dos discentes sobre mutação e as fontes de informação que embasaram suas respostas;

Elaborar oficinas com modelos didáticos sobre processos mutagênicos e relação com biotecnologia e saúde;

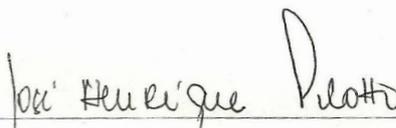
Analisar as concepções sobre mutação e das diversas formas de expressar o conhecimento que foram demonstradas pelos alunos através das atividades das oficinas.

#### **Deliberação do CEP-Fiocruz-IOC:**

Com base nas diretrizes éticas para pesquisas com seres humanos, expressas na *Resolução CNS 196/96*, após análise das respostas ao parecer pendente, este Comitê delibera **APROVADO** o projeto supracitado.

**NOTA: Nenhuma pesquisa envolvendo seres humanos deverá ser iniciada sem o parecer final do CEP Fiocruz-IOC e/ou da CONEP quando for este o caso.**

José Henrique da Silva Pilotto  
Matricula SIAPE 0627357  
CRM 52.37829-7



**José Henrique da Silva Pilotto**  
Coordenador  
Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos  
(**CEP Fiocruz-IOC**)

<b>COMPOSIÇÃO DO CEP FIOCRUZ-IOC</b>	
<b>Parecer deliberado na 166ª reunião ordinária deste Comitê, realizada em 20.12.2011</b>	
Adalberto Rezende Santos - <b>Membro</b>	Kycia Maria Rodrigues Do Ó - <b>Membro</b>
Adriana Lima Vallochi - <b>Membro</b>	Márcia de Cássia Cassimiro - <b>Coordenadora Adjunta</b>
Carlos Augusto Ferreira Andrade - <b>Membro</b>	Marcos Adriano Lessa - <b>Membro</b>
Carlos Norberto Varaldo - <b>Rep. Usuários</b>	Maria Regina Reis Amendoeira - <b>Coordenadora Adjunta</b>
Catarina Macedo Lopes - <b>Membro</b>	Paulo Roberto Vasconcellos-Silva - <b>Membro</b>
Dumith Chequer Bou-Habib - <b>Membro</b>	Vera Bongertz - <b>Membro</b>
Gerson Rosenberg - <b>Membro</b>	Yara Hahr Marques Hökerberg - <b>Membro</b>
José Henrique da Silva Pilotto - <b>Coordenador</b>	

## APÊNDICE B

### **Delineamento do Percurso Metodológico das Oficinas**

#### **OFICINA 1 - Mutação e Material Genético**

Como atividade de introdução ao tema central “mutação”, os alunos foram orientados na construção de árvores genealógicas. Essa atividade teve como intuito evidenciar semelhanças e diferenças aparentes (físicas/ fenotípicas) numa mesma família, levando-os a pensar ou questionar, quem sabe, as mudanças (ou diferenças) que poderiam existir no “padrão” genético de uma família.

Com esta atividade iniciamos uma série de perguntas, tais como: (i) Que características são marcantes nesta família? (ii) Existem características em que poucos indivíduos apresentam (ou apenas um indivíduo apresenta)? Qual (is)? (iii) Essas diferenças sempre existiram naquele indivíduo ou foram provocadas (por exemplo, após um acidente, doença...)?

Cada aluno deveria construir uma árvore genealógica, evidenciando nos bonecos de papel (Figura 1), características como cor e formato dos olhos, dos cabelos, da boca e do nariz, cor da pele (entre outras características físicas), podendo representar até três gerações, seguindo a montagem de uma árvore genealógica.

Os materiais utilizados na oficina sobre árvores genealógicas foram: recortes de boneco de papel, cartolinas coloridas, E. V. A, palito de churrasco, tesoura, canetinhas coloridas e cola quente. Arrumados em grupos de quatro a cinco alunos, alguns materiais foram compartilhados.



**Figura 1. Modelo de boneco de papel que serviu de base para a montagem da árvore genealógica, na Oficina 1: “Mutação e Material Genético.”**

Para organizar a árvore genealógica, os alunos deveriam colocar os bonecos que representavam os pais nas extremidades do palito e os que representavam os filhos no centro do palito.

A Figura 2 apresenta os demais materiais utilizados na primeira atividade da Oficina 1 (árvores genealógicas).



**Figura 2. Materiais utilizados para a montagem da árvore genealógica.**

Para que os alunos chegassem, ao final das oficinas, compreendendo que o conceito de mutação biológica apresenta importantes relações com evolução, saúde e biotecnologia era preciso, antes de tudo, compreender a estrutura do material genético. Por se tratar de um tema abstrato, como material de apoio foram utilizados, no segundo encontro com este grupo de alunos, modelos didáticos tridimensionais do material genético eucarioto.

O conjunto de modelos didáticos foram previamente desenvolvidos e testados pela pesquisadora (MACEDO, 2009) no curso de pós-graduação *lato sensu* em ensino de Ciências – UERJ e se encontram no Apêndice C.

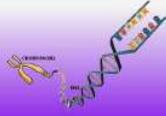
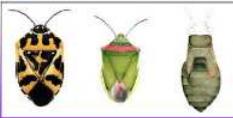
Para que todos os alunos pudessem manipular os modelos didáticos, a turma foi dividida em quatro grupos e cada grupo recebeu um núcleo celular contendo 46 cromossomos e um tabuleiro para montagem de cariótipos. Seguindo as indicações apresentadas em *Powerpoint* (Figura 3), os alunos deveriam, ao manipular os modelos:

- 1- Localizar o material genético na célula (núcleo celular);
- 2- Contemplar a estrutura do material genético (cromossomos e DNA), compreendendo-os como parte um do outro;
- 3- Relacionar o número de cromossomos por espécie, utilizando o tabuleiro de cariótipos;
- 4- Determinar o sexo pela verificação do 23º par de cromossomos;
- 5- Representar o cariótipo humano;

6- Evidenciar, no tabuleiro de cariótipos, algumas mutações que se caracterizam pela alteração do número de cromossomos. As mutações solicitadas aos grupos foram as seguintes síndromes: Down (trissomia do 21), Turner (monossomia do 23) e Klinefelter (trissomia do 23).

Na montagem dos cariótipos solicitados através dos slides, os grupos foram levados a questionar a possibilidade de se misturar (cruzar), sob o ponto de vista puramente científico, seres vivos cujo número de cromossomos diferia.

A Figura 3 representa o conjunto de slides que serviram de apoio para esta oficina.

<p><b>Funções do Núcleo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Regular as <u>reações químicas</u> que ocorrem dentro da célula e armazenar as informações <u>genéticas</u> da célula.</li> </ul> 	<p><b>Material Genético- DNA</b></p> <p>É um <u>composto orgânico</u> cujas <u>moléculas</u> contêm as instruções <u>genéticas</u> que coordenam o desenvolvimento e funcionamento de todos os seres <u>vivos</u> e alguns <u>vírus</u>.</p> 
<p><b>Cromossomo, DNA e Gene</b></p> <p>Os cromossomos são constituídos por longas moléculas de DNA e por proteínas. Os genes são segmentos de DNA, ao longo do cromossomo, que carregam a informação genética para determinada característica.</p> 	<p><b>Cariótipo Humano</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>É o conjunto de cromossomos de uma espécie.</li> <li>Cada espécie possui um conjunto cromossômico típico (<u>cariótipo</u>).</li> <li>Em nossa espécie, possuímos 23 pares, sendo 22 autossômicos e o 23º par os cromossomos sexuais (XX mulher e XY homem)</li> </ul> 
<p><b>Aula II- Exercícios</b></p> <p>Montagem de cariótipos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1º Humano (46 Cromossomos)</li> <li>2º Determinação do sexo pela análise do cromossomo 23</li> <li>3º Construção de cariótipos das seguintes espécies:</li> </ol>	<p><b>Aula III - Anomalias Genéticas</b></p> <p>A expressão "anomalia genética" significa que um gene foi modificado por um acidente chamado "mutação"</p> <p><b>Mutação:</b></p> <p>Mutações são mudanças na sequência dos <u>nucleotídeos</u> do <u>material genético</u> de um organismo. Mutações podem ser causadas por erros de cópia do material durante a <u>divisão celular</u>, por exposição a radiação <u>ultravioleta</u> ou <u>ionizante</u>, <u>mutagênicos químicos</u>, ou <u>vírus</u>.</p> 
<p><b>Mutações</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Albinismo: gene com deficiência na produção de melanina (cor da pele) Fig.3</li> <li>Síndrome de Down- Trissomia do cromossomo 21. Fig.4</li> </ul> 	<p><b>Cariótipo do Portador</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A- Síndrome de Down – Fig. 5</li> <li>B- Síndrome de Klinefelter – Fig. 6</li> <li>C- Síndrome de Turner – Fig. 7</li> </ul> 

**Figura 3. Sequência de slides utilizados na Oficina “Mutação e Material Genético.”**

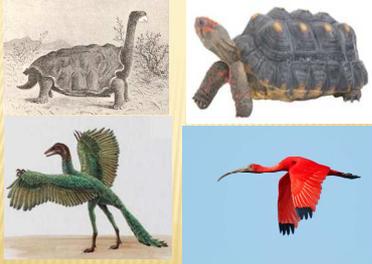
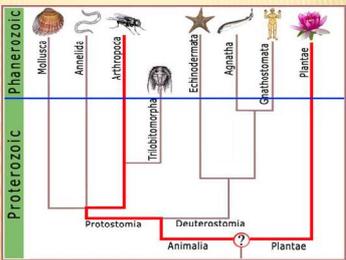
## OFICINA 2 - Mutação e Diversidade Biológica:

A Oficina 2 era: objetivou trabalhar a Teoria da Seleção Natural, relacionando a História da vida (evolução) aos conteúdos tradicionais de Ciências, tais como a classificação atual dos seres vivos em seus respectivos Reinos e a ocorrência das mutações como um fenômeno contínuo, presente também em nossos dias, levando os alunos à construção de concepções científicas sobre a origem da biodiversidade.

Para delinear os objetivos esperados na **Oficina 2**, foram utilizados slides com imagens de animais pré-históricos e espécies atuais (Figura 4). As seguintes perguntas foram feitas aos alunos no início da Oficina:

- Os animais apresentados no slide apresentam semelhanças? Quais?
- No que diferem?
- Por que ou como essas “novas” características podem ter surgido?

Após a discussão com o auxílio dos slides, foram exibidos alguns vídeos sobre Seleção Natural, os quais foram posteriormente discutidos com a turma.<sup>29</sup>

<p><b>ONDE ESTÃO AS SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS?</b></p> 	<p><b>SER MUTANTE É SER EVOLUÍDO?</b></p>  <p>O <i>Acanthostega</i> era um <b>anfíbio</b> primitivo que viveu há aproximadamente 380 milhões de anos atrás durante o período <b>Devoniano</b>. Se alimentava de pequenos crustáceos, moluscos, peixes e insetos, vivia em pântanos e em lagos pobremente oxigenados. Seus membros eram bem desenvolvidos e acredita-se que este anfíbio foi um dos primeiros tetrápodes, ou seja, possuía 4 membros, os quais um dia iriam dominar o meio terrestre.</p> <p>O <i>Acanthostega</i> possuía 8 dedos em cada pata, que juntamente com o fato de não possuir uma caixa torácica adaptada a sustentar seu peso fora da água, tornavam-no ináptos ao ambiente terrestre, acredita-se que suas patas eram mais utilizadas para "andar" pela vegetação aquática, dos pântanos onde vivia, como as atuais salamandras, do que para rastejar entre poças de água que poderiam secar periodicamente.</p>
<p><b>ANCESTRALIDADE COMUM</b></p> 	<p><b>ANIMAIS PRIMITIVOS...</b></p>  <p>Peixe</p> <p>Ancestral das lílias, polvos... ...este animal primitivo viveu há 500 milhões de anos...</p> <p>grande proboscídeo da era glacial chegava a Ter mais de 4m viva no Norte da Europa e América do Norte, alguns acreditam que este animal foi caçado até a extinção pelos homens primitivos</p> <p>tartaruga primitiva, o Henodus</p>

<sup>29</sup> Links dos vídeos (<http://www.youtube.com/watch?v=PqBT6uNtGus>)(<http://www.youtube.com/watch?v=Jj7tWj2pJgc>).



**Figura 4. Sequência de slides utilizados para introduzir a Oficina 2: “Mutações e Diversidade Biológica.”**

Como já comentado, um dos objetivos desta oficina foi trabalhar o conceito de Seleção Natural e discutir como as mutações biológicas podem ser favorecidas pelo ambiente, contribuindo para a ocorrência da biodiversidade e a evolução das espécies. Estes conteúdos fazem parte do currículo do 7º Ano do Ensino Fundamental.

Questões como a evolução do vírus da dengue e a utilização inadequada de antibióticos, podendo favorecer a mutação de bactérias resistentes foram discutidas, ressaltando a importância do tema “mutação e diversidade biológica” com tópicos em saúde.

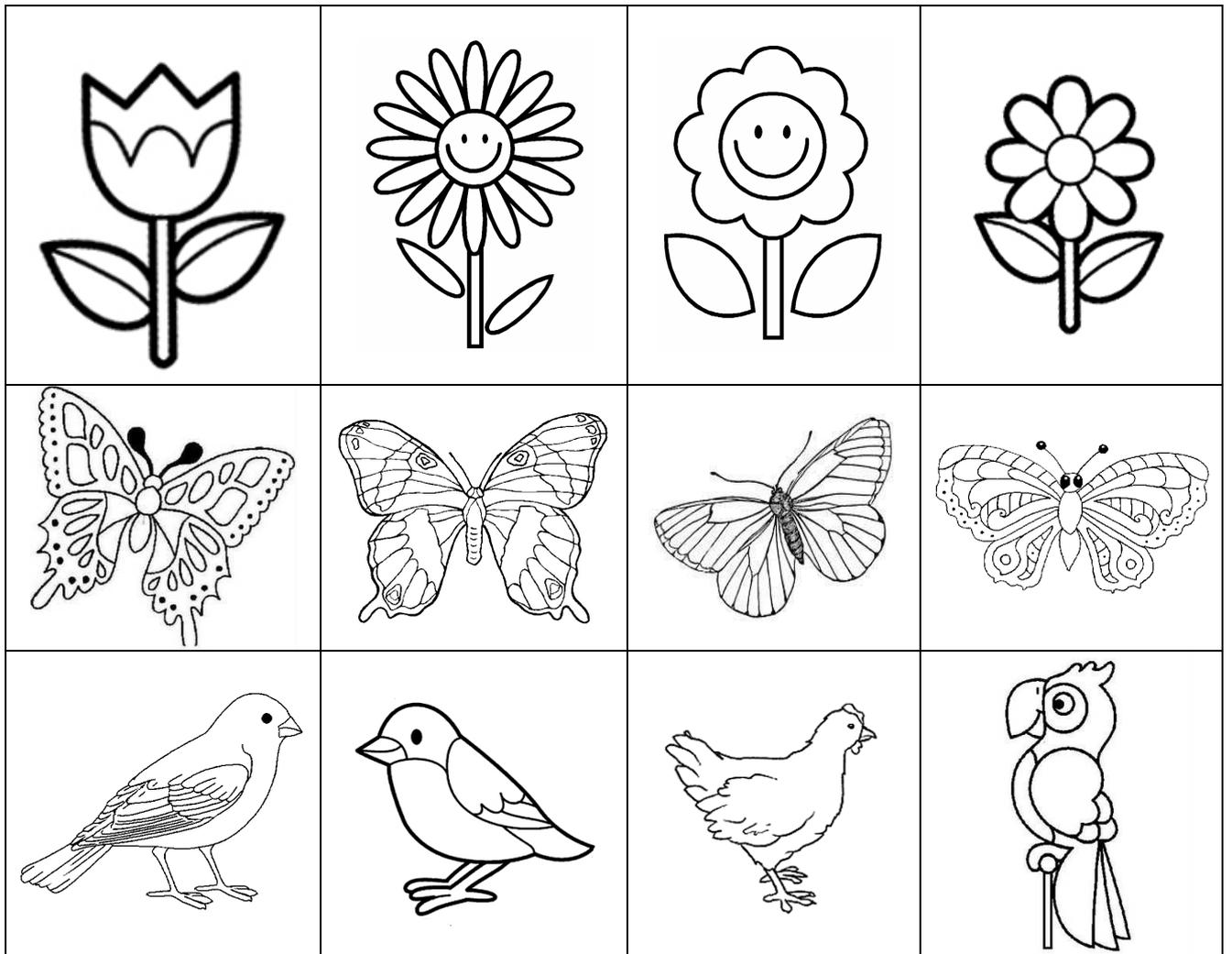
A Figura 5 mostra os materiais utilizados nesta oficina.



**Figura 5. Materiais utilizados na Oficina “Mutações e Diversidade Biológica.”**

Como atividade prática, foram entregues aos alunos diferentes figuras de plantas e animais em preto e branco (Figura 6) e lápis de cor. Os alunos deveriam escolher as figuras e representar mutações através de mudanças no padrão das cores da espécie ou poderiam ainda criar uma figura representando uma mutação anatômica. Ao salientar as mutações,

deveriam escrever, ao lado da figura, o que compreendiam sobre o fenômeno das mutações, como, por exemplo, elas surgiam e em que local do material genético elas poderiam se manifestar.



**Figura 6.** Imagens para colorir utilizadas para evidenciar mutações na Oficina 2.

### OFICINA 3 - Mutação e Biotecnologia:

O principal objetivo da Oficina 3 era mostrar aos alunos que, com os avanços da ciência, sobretudo da Biologia Molecular, tornou-se possível, desde a segunda metade do século XX, originar “mutantes”, ou seja, a ciência se tornou capaz de criar Organismos Geneticamente Modificados (OGM), também conhecidos como organismos Transgênicos.

Nesta oficina, utilizou-se o Modelo Didático II (Apêndice C), que evidencia o cromossomo e o DNA, facilitando a compreensão da localização dos genes.

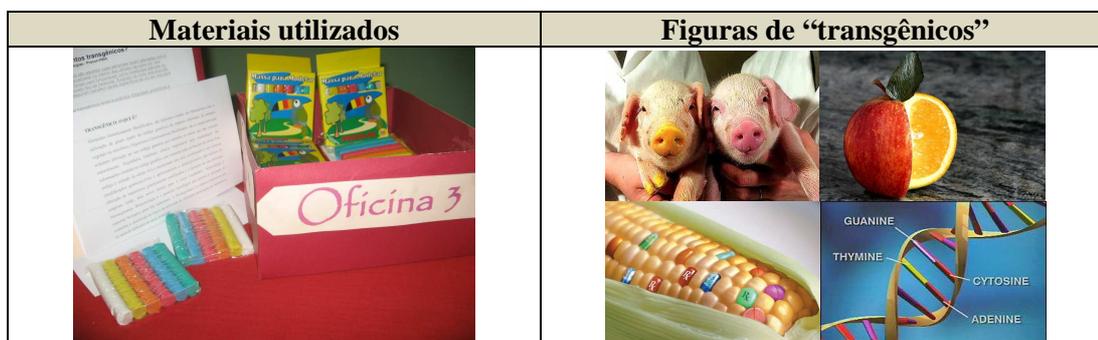
Com o auxílio de uma pequena fita vermelha introduzida no modelo do cromossomo, buscamos representar a presença de uma alteração genética (Figura 7).



**Figura 7. Modelo didático simulando a presença de alteração genética em um cromossomo.**

Após o uso do modelo didático, os alunos foram separados em grupos e receberam massa para modelar de diversas cores e um envelope de carta contendo, em seu interior, algumas informações sobre organismos transgênicos, como: para que servem, como são criados em laboratórios, exemplos de alimentos e animais transgênicos, questões sobre os benefícios ou possíveis riscos dessa biotecnologia para a saúde e ambiente e outras curiosidades afins.

Cada grupo deveria simular um trabalho de laboratório criando, em massinha, uma planta ou animal transgênico. Ao final do trabalho, os grupos deveriam se apresentar para a turma e justificar a razão de terem criado aquele organismo geneticamente modificado (incluindo possíveis riscos à natureza e à saúde). Os materiais utilizados nesta oficina encontram-se na Figura 8.



**Figura 8. Materiais utilizados na Oficina “Mutação e Biotecnologia.”**

#### OFICINA 4 - Mutação e Saúde:

Para a elaboração da Oficina 4, onde foram apresentadas as interfaces entre mutação e saúde, utilizamos, como introdução, alguns vídeos que associavam a ação do fumo, do álcool, das drogas, da radiação solar e nuclear e da má alimentação (agentes mutagênicos) a respectivos danos à saúde.<sup>30</sup>

O objetivo desta oficina foi orientar a turma quanto aos perigos dos agentes mutagênicos, sobretudo na relação com o câncer, fazendo-os chegar às suas próprias conclusões quanto às relações que podem ser estabelecidas entre o tema mutação e saúde.

Como atividade prática, foi solicitado aos alunos que se organizassem em trios e construíssem panfletos externando os conhecimentos adquiridos com base nos vídeos e orientando quanto aos perigos dos agentes mutagênicos com relação à saúde. Os alunos deveriam inserir no folheto, a relação entre a ação dos agentes mutagênicos com o DNA e o desenvolvimento do câncer.

Os materiais utilizados na construção dos panfletos são mostrados na Figura 9 e consistiam de: recortes de figuras (oriundas de revistas, jornais e internet) sobre radiação solar e nuclear, alimentos, drogas, fumo, indivíduos acometidos com seus danos, folhas de papel A4 na cor branca, canetinhas coloridas, tesoura e cola.

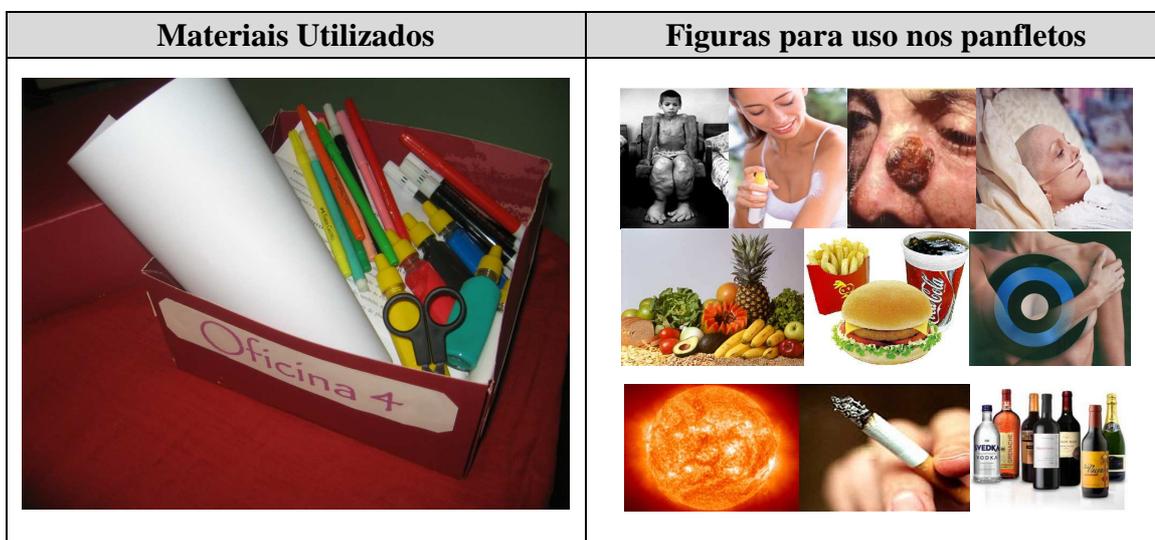


Figura 9. Materiais utilizados na Oficina “Mutação e Saúde.”

<sup>30</sup> Links dos vídeos:

<http://www.youtube.com/watch?v=F265D6aksA0>;

<http://www.youtube.com/watch?v=EJSWUL7Njmg>;

<http://www.youtube.com/watch?v=8bJd5Im9fIw&feature=related>;

<http://www.youtube.com/watch?v=5DMeRe6AXkU&feature=related>;

<http://www.youtube.com/watch?v=gDIQSm8nOG0&feature=related>;

Concluídas as oficinas, foi realizada uma revisão com o uso de slides (Figura 10) sobre os principais tópicos enfatizados em cada oficina. Em debate de mesa redonda, os alunos elegeram os temas mais interessantes abordados nas oficinas ou os que haviam sido mais importantes para o ensino de Ciências.



Figura 10. Sequência de slides de revisão dos temas abordados nas Oficinas.

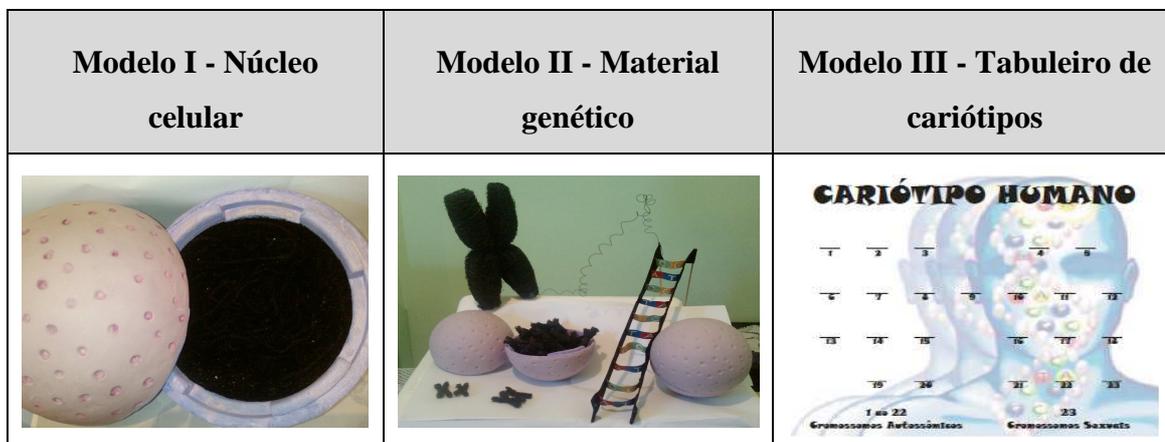
Uma semana após o debate, os alunos foram convidados a fazer um novo desenho representando o tema “mutação” e participar de entrevistas. Todo o processo foi gravado (vídeo e áudio) e, quando necessário, algumas falas anotadas em caderno de campo. Conforme sugere Bardin (2011, p.126), todo este processo foi organizado, incluindo as falas dos alunos, compondo o “corpus” da pesquisa, ou seja, tais elementos, analisados, fundamentaram a interpretação final dos dados. A organização desses elementos, que

seguiu a análise de conteúdo proposta por essa autora (*op. Cit.* p. 125-172), seguiu uma técnica composta por três etapas: pré-análise do material coletado, exploração desse material e tratamento dos resultados e interpretação.

Seguindo esse princípio, as falas, desenhos e demais atividades realizadas foram transcritas na íntegra para uma planilha no Excel e organizadas segundo seus respectivos autores. Preservou-se o anonimato de cada aluno, sendo os relatos dos mesmos representados por letras (Exemplo: aluno A, B, C...).

## APÊNDICE C

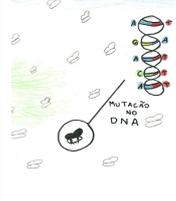
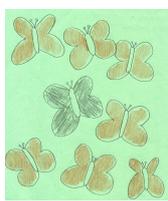
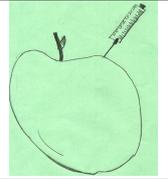
**Imagens dos modelos didáticos sobre o tema material genético eucarioto utilizados nas oficinas “Mutação e Material Genético” (Oficina 1) e “Mutação e Biotecnologia” (Oficina 3).**



Os modelos didáticos se encontram representados em 3D, contendo quatro núcleos celulares com 46 cromossomos cada, cromossomo e DNA ampliados e quatro tabuleiros de cariótipos.

O modelo I consiste na representação do núcleo celular com o material genético sob a forma de cromatina. O modelo II apresenta o material genético sob a forma de cromossomos (46), um cromossomo ampliado e a representação do DNA com as bases nitrogenadas evidenciadas. O modelo III é um tabuleiro de cariótipo sobre o qual os cromossomos do modelo II são manipulados pelos alunos.

## APÊNDICE D

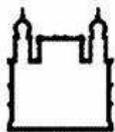
Aluno (a)	1ª coleta (em entrevista, antes das oficinas)	Representação gráfica (1ª coleta)	2ª coleta (em entrevista, após as oficinas)	Representação gráfica (2ª coleta)	3ª coleta (por escrito, 7 meses após a 2ª coleta)	Representação gráfica (3ª coleta)
A	“Sei lá, nunca ouvi isso... Ah... acho que mutante é assim, uma coisa... diferente, tipo uma coisa que a ciência coloca nas pessoas e fica com poderes, como na novela...”		-“Mutante é uma mudança no DNA, que pode acontecer se eu não cuidar da saúde, por exemplo...”		“Meu desenho mostra que o DNA foi mudado e por isso houve a biodiversidade nas borboletas...”	
B	“Eu acho que os mutantes... sei lá, tem dons sobrenaturais, são heróis, que só vi na televisão, claro! Tem super poderes, como fiz no meu desenho!”		-“Mutante é um ser que sofre mudança no material genético” ...Agora sei que isso de mutantes tem tudo a ver com ciências.”		“Fiz um menino com síndrome de Klin... (Klinefelter). Ele é um exemplo de mutação genética.”	
C	“Acho que são monstros, coisas sobrenaturais...”		“Mutante é, por exemplo, uma pessoa com câncer, pois ela teve uma mutação nas células...”		“Um animal com uma deficiência, pode ser um exemplo de mutante... mas algumas doenças também...”	
D	“Mutantes são seres especiais, com super-poderes...”		“A mutação, quando acontece, pode dar uma diferença e ser legal (...) é por isso que tem diversidade na natureza...”		“Mutação pode causar a biodiversidade”	
E	“São os que conseguem fazer coisas incríveis...”		“A ciência é capaz de criar mutações...os transgênicos...”		“Radiação, drogas, cigarros podem dar mutações...”	
F	“São super-heróis...”		“A ciência pode modificar o DNA das frutas e ela vira um mutante...”		“Na natureza, tudo que tem o DNA mudado pode ser um mutante. A mutação faz a biodiversidade aparecer...”	
G	“Tem dons especiais, como videntes...”		“Mutantes podem ser criados pela ciência. Um exemplo de mutante é o morango transgênico...”		“Na televisão, mutante é alguém com um dom especial, mas aprendi que mutante pode ser alguém que teve o DNA mudado, como com câncer...”	

<p><b>H</b></p>	<p>São monstros, tem seis pernas... São misturas de animais com humanos...</p>		<p>“As mutações no DNA podem causar câncer. Quem fuma pode ter uma mutação...e câncer de pulmão...”</p>		<p>“Uma pessoa com super poderes é chamada na televisão de mutante, mas mutante mesmo, é uma pessoa que tem câncer, por que seu DNA sofreu uma mudança...”</p>	
<p><b>I</b></p>	<p>Um homem robô...é alguém que foi transformado pela Ciência...</p>		<p>“Hoje em dia já se faz mutante no laboratório...é só pegar o DNA e alterar...colocando outro pedacinho no lugar...”</p>		<p>“Câncer de pele é uma mutação que dá na célula pelo sol...”</p>	
<p><b>J</b></p>	<p>É alguém diferente... capaz de coisas incríveis, como os super-heróis.</p>		<p>“A radiação nuclear é perigosa porque provoca mutações, como deficiências...”</p>		<p>“Mutante pode ser uma pessoa que teve o DNA modificado, pode ser também que ninguém veja essa mutação...”</p>	

Respostas sistematizadas das três coletas de dados com relação às perguntas: **Você sabe o que é mutação? E mutante?**

## ANEXO 1

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



**FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ – FIOCRUZ**

**Instituto Oswaldo Cruz**

**Pós Graduação em Biociências e Saúde**

**Setor de Inovações Educacionais – Laboratório de Inovações, Terapias e Bioprodutos**

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

(de acordo com as Normas da Resolução nº 196, do Conselho Nacional de Saúde de 10 de outubro de 1996)

Você está sendo convidado (a) a participar do projeto intitulado: “CONCEPÇÕES SOBRE MUTAÇÃO BIOLÓGICA: INFLUÊNCIAS E POTENCIALIDADES NO ENSINO DE CIÊNCIAS.” Você foi selecionado (a) para participar da pesquisa por estar cursando o Ensino Fundamental e por seu envolvimento direto com o assunto da pesquisa.

O objetivo deste estudo é desenvolver uma atividade que envolve conceitos de Ciências, Biotecnologia e Saúde, inseridas na proposta de ensino lúdico e na aprendizagem dos processos mutagênicos naturais, bem como as implicações destes na saúde e no meio ambiente. Esta proposta visa facilitar a compreensão dos processos biológicos que envolvem o núcleo celular e melhorar a qualidade do ensino de Ciências, contextualizando as biotecnologias atuais que envolvem o material genético a um tema explorado pela mídia, que se intitulou “mutantes”.

Sua participação não é obrigatória, e caso aceite participar, poderá a qualquer momento desistir de participar e retirar seu consentimento. Se você não quiser participar do trabalho, sua recusa não o (a) prejudicará em sua relação com o pesquisador, com sua vida escolar ou com a instituição onde a pesquisa está sendo realizada.

O trabalho será desenvolvido dentro dos horários das aulas de Ciências (2º feira) e não servirá de avaliação para esta disciplina no ano letivo e também não exigirá nenhuma participação fora da escola. Com sua participação você estará contribuindo para a melhoria do ensino no Brasil e a escola receberá posteriormente uma cópia do material produzido. Participar dessa pesquisa não implicará em nenhum custo financeiro para você, e, como voluntário, você também não receberá qualquer valor em dinheiro como compensação pela participação.

As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação. Não será feita nenhuma citação a nomes, endereços ou qualquer forma de identificação e você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento. O resultado final da pesquisa será divulgado na Dissertação de Mestrado da Profª Juliana Macedo Lacerda Nascimento.

**Juliana Macedo Lacerda Nascimento**

**Dra. Rosane Moreira Silva de Meirelles**

Pavilhão Cardoso Fontes

Laboratório de Inovações em Terapias, Ensino e Bioprodutos (LITEB)

2º andar - sala 52

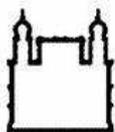
Av. Brasil, 4365, Manguinhos, Rio de Janeiro - RJ CEP: 41045-900

Tel.: 2562-1454

*“Declaro estar ciente das informações constantes neste Termo de Consentimento livre e esclarecido, e entender que serei resguardado pelo sigilo absoluto de meus dados pessoais e de minha participação na pesquisa. Poderei pedir, a qualquer tempo, esclarecimentos sobre esta pesquisa; recusar a dar informações que julgue prejudiciais a minha pessoa, solicitar a não inclusão em documentos de quaisquer informações que já tenha fornecido e desistir, a qualquer momento, de participar da pesquisa”.*

Nome do aluno: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_



**FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ – FIOCRUZ**  
**Instituto Oswaldo Cruz**  
Pós Graduação em Biociências e Saúde  
Setor de Inovações Educacionais – Laboratório de Inovações, Terapias e Bioprodutos

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido  
(de acordo com as Normas da Resolução nº 196, do Conselho Nacional de Saúde de 10 de outubro de 1996)

Sr (a). Responsável pelo aluno (a) \_\_\_\_\_ seu filho (a) está sendo convidado (a) para participar do projeto intitulado: “CONCEPÇÕES SOBRE MUTAÇÃO BIOLÓGICA: INFLUÊNCIAS E POTENCIALIDADES NO ENSINO DE CIÊNCIAS” que será realizado uma vez por semana, durante as aulas de Ciências nestes bimestres (3º e 4º). Ele (a) foi selecionado para participar da pesquisa por estar cursando o Ensino Fundamental e porque o assunto da pesquisa envolve conteúdos dos eixos temáticos dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN: Tecnologia e Sociedade e Saúde e Meio ambiente) de extrema importância ao estudo de Ciências. A participação de seu filho (a) não é obrigatória, e, caso aceite participar, a qualquer momento ele (a) pode desistir de participar e retirar seu consentimento, sem prejudicar sua vida escolar.

O objetivo deste estudo é desenvolver uma atividade para verificar novas maneiras de facilitar a compreensão de certos conceitos científicos, melhorando, com isso, a qualidade do ensino de Ciências. Como já foi dito, a pesquisa será feita em sala de aula, durante o horário das aulas de Ciências (2ª feira), sendo as aulas de 4º feira com conteúdos tradicionais do bimestre. As atividades de ensino serão avaliadas no decorrer do projeto, sem prejuízo ao bom andamento da disciplina. Além disso, o projeto não vai interferir no aproveitamento do aluno (a) e não será realizada nenhuma atividade fora das dependências da escola. A participação de seu filho (a) estará contribuindo para a melhoria do ensino de Ciências no Brasil e a escola receberá uma cópia do material produzido. Participar dessa pesquisa não implicará em nenhum custo financeiro para seu filho (a), e, como voluntário, seu filho (a) também não receberá qualquer valor em dinheiro como compensação pela participação.

As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre a participação do seu filho (a). Não será feita nenhuma citação a nomes, endereços ou qualquer forma de identificação e você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e a participação do seu filho (a), agora ou a qualquer momento. Seu filho (a) também receberá um termo como este para assinar e também ficará com a cópia. O resultado final da pesquisa será divulgado na Dissertação de Mestrado da Profª Juliana Macedo Lacerda Nascimento.

**Juliana Macedo Lacerda Nascimento**

**Dra. Rosane Moreira Silva de Meirelles**

Pavilhão Cardoso Fontes

Laboratório de Inovações em Terapias, Ensino e Bioprodutos (LITEB)

2º andar - sala 52

Av. Brasil, 4365, Manguinhos, Rio de Janeiro - RJ CEP: 41045-900

Tel.: 2562-1454

*“Declaro estar ciente das informações constantes neste Termo de Consentimento livre e esclarecido, e entender que serei resguardado pelo sigilo absoluto de meus dados pessoais e de minha participação na pesquisa. Poderei pedir, a qualquer tempo, esclarecimentos sobre esta pesquisa; recusar a dar informações que julgue prejudiciais a minha pessoa, solicitar a não inclusão em documentos de quaisquer informações que já tenha fornecido e desistir, a qualquer momento, de participar da pesquisa”.*

Assinatura do Responsável: \_\_\_\_\_

Ficha catalográfica elaborada pela  
Biblioteca de Ciências Biomédicas/ ICICT / FIOCRUZ - RJ

N244 Nascimento, Juliana Macedo Lacerda

Conceito de mutação biológica: influências e potencialidades no ensino de Ciências / Juliana Macedo Lacerda Nascimento. – Rio de Janeiro, 2013.

xiv,106 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Oswaldo Cruz, Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde, 2013.

Bibliografia: f. 78-89.

1. Mutação biológica. 2. Ensino formal. 3. Aprendizagem significativa. I. Título.

CDD 372.35