

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA



Campus Universitário de Jequié/BA  
Programa de Pós-Graduação  
- Educação Científica e Formação de Professores -



**PPG.ECFP**

Programa de Pós-Graduação em  
Educação Científica e Formação de Professores



**EDUCAÇÃO CTS E GENÉTICA. ELEMENTOS PARA A SALA DE  
AULA: POTENCIALIDADES E DESAFIOS**

**GRASIELLE PEREIRA SOUSA**

**2013**

**GRASIELLE PEREIRA SOUSA**

**EDUCAÇÃO CTS E GENÉTICA. ELEMENTOS PARA A SALA DE  
AULA: POTENCIALIDADES E DESAFIOS**

*Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Formação de Professores da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia para obtenção do título Mestre em Educação em Ciências e Matemática.*

Orientador: Prof. Dr. Paulo Marcelo Marini Teixeira

**Jequié/BA - 2013**

## Ficha Catalográfica

S715 Sousa, Grasielle Pereira.  
Educação CTS e Genética, elementos para a sala de aula: potencialidades e desafios/ Grasielle Pereira Sousa .- Jequié, 2013.  
317 f: il.; 30cm. (Anexos)

Dissertação (Mestrado-Programa de pós-graduação em Educação Científica e Formação de Professores) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2013. Orientador: Prof. Dr. Paulo Marcelo Marini Teixeira.

1. CTS - Ensino de ciências 2.Educação CTS – Genética 3. Genética – Educação CTS I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia II. Título.

CDD – 575.1

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E FORMAÇÃO DE PROFESSORES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

EDUCAÇÃO, CTS E GENÉTICA – ELEMENTOS PARA SALA DE AULA: POTENCIALIDADES  
E DESAFIOS

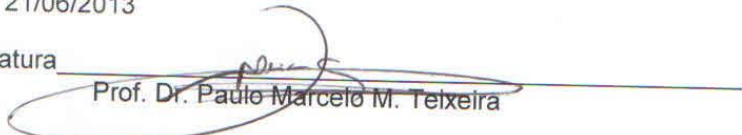
Autora: GRASIELLE PEREIRA SOUSA

Orientadora: PROF. DR. PAULO MARCELO M. TEIXEIRA

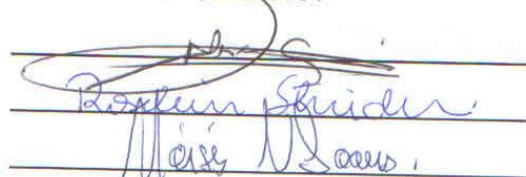
Esse exemplar corresponde à redação final da  
Dissertação defendida por GRASIELLE PEREIRA  
SOUSA e aprovada pela Comissão Julgadora

Data: 21/06/2013

Assinatura

  
Prof. Dr. Paulo Marcelo M. Teixeira

COMISSÃO JULGADORA

  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2013

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho a minha mãe querida Marinalva, grande incentivadora dos meus estudos, por ser a minha “fonte” de força e coragem, o meu “porto-seguro” nas angústias e dificuldades que surgiram ao longo da caminhada, por sonhar comigo os meus sonhos e estar sempre ao meu lado em todos os momentos da minha vida. Amo você!

## Agradecimentos

Agradeço sempre a Deus, por me proporcionar oportunidades e condições que me possibilitam conquistar grandes vitórias.

A meu pai Florisval, minha mãe Marinalva, meus irmãos Débora, Clériston, meus sobrinhos Andreza, Brenno, Carlos Eduardo, Gabriel, Lúcio Flávio e, todos aqueles que compõem a minha grande família, pelos ensinamentos, por incentivarem os meus estudos, acreditarem no meu trabalho e entenderem a minha ausência. Agradeço em especial a minha irmã Karla, por se fazer presente em todos os momentos da minha vida, mesmo estando longe. Vocês sempre serão a minha “fonte” de inspiração, força e coragem para enfrentar os obstáculos da vida e caminhar em busca de novas realizações.

Ao meu esposo Murilo, pelo incentivo, apoio, dedicação, paciência e carinho. Por sempre acreditar no meu potencial e me convencer que posso ir além das minhas expectativas.

Ao meu querido Orientador Professor Paulo Marcelo, pela partilha de conhecimento, paciência, dedicação, palavras de incentivo, conselhos, cobranças, críticas, repreensões. Pela orientação, não somente neste trabalho, mas em vários outros momentos da minha caminhada acadêmica e, principalmente, pela formação e ensinamentos para a vida. Sem a sua fundamental contribuição não teria chegado até aqui. Serei eternamente grata a você!

A todos os professores do nosso programa de mestrado, em especial a professora Daisi Chapani e o professor Marcos Lopes, pela dedicação, paciência, amizade e por todos os ensinamentos compartilhados.

Aos professores Moisés Soares e Roseline Strieder, pelas significativas contribuições que deram para esse trabalho no Exame de Qualificação. Sobretudo, pelas críticas e sugestões que me proporcionaram olhares mais amplos.

À professora e amiga Ana Biggi, por nunca dizer não e sempre me ajudar em qualquer situação.

À minha amiga Milena Cardoso, por caminhar incansavelmente comigo nesse trabalho, por dividir todos os momentos de angústia, tristeza, desânimo e alegria; pelo incentivo, pelas palavras de conforto, conselhos e por todo o apoio dado ao longo do curso. Também por me fazer companhia todos os dias, durante a construção textual desse trabalho, mesmo impedida de conversar, fato que me fortaleceu para superar o cansaço e concretizar essa dissertação. Muito obrigada amiga!

À minha amiga Têca, por idealizar comigo esse curso de mestrado, pelo auxílio, incentivo e contribuições significativas para a realização desse sonho. Amiga você foi fundamental para a efetivação dessa conquista!

A todas as amigas que, além de me apoiarem nessa caminhada e compreenderem a minha ausência, também encheram a minha vida de alegria, carinho e amor.

A todas as colegas de mestrado pelas contribuições e troca de saberes.

À Leinad, secretária do nosso curso de mestrado, pela paciência, palavras de incentivo, amizade e por sempre atender as nossas solicitações. Lei, você é especial!

A todos os funcionários da UESB que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

À professora regente da turma em que realizei o processo de intervenção, Elisângela Teixeira, por confiar em nosso trabalho, aceitar participar da nossa pesquisa, pela amizade e por todo o auxílio dado durante a concretização desta investigação.

Aos alunos participantes da pesquisa, pela confiança e troca de saberes.

A todos os gestores, professores e funcionários do Colégio Estadual Maria José de Lima e Silveira por nos acolher e por todo o auxílio dado ao longo das atividades desenvolvidas.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

A todos aqueles que, por meio de diversas maneiras, estão presente em minha vida e contribuíram para a realização desse sonho.

Obrigada!

## RESUMO

O presente trabalho analisa, a partir de uma experiência concreta de ensino-aprendizagem, a aplicação do enfoque CTS em aulas de Biologia, dedicadas a conteúdos de Genética. A pesquisa está fundamentada nas chamadas abordagens qualitativas, configurando-se como uma *pesquisa de intervenção*. O processo de intervenção foi realizado no “Colégio Estadual Maria José de Lima Silveira”, escola da rede pública localizada no município de Jequié/BA, durante duas unidades escolares (2ª e 3ª unidades), envolvendo 19 alunos, integrantes de uma turma de 3º ano do Ensino Médio. A constituição dos dados foi elaborada ao longo de todo o processo e utilizamos para isso os seguintes instrumentos: i) observação participante, ii) material produzido pelos educandos (atividades escritas, textos, atividades em grupo, etc.); iii) questionário, com questões semi-estruturadas, aplicado junto aos alunos participantes da pesquisa; iv) grupo focal, para o recolhimento de depoimentos de alguns alunos; v) dados obtidos por meio do controle da frequência dos estudantes, e por fim; vi) entrevista com a professora regente da turma. Para amparar o processo de análise lançamos mão de seis categorias descritas a seguir: i) articulação da tríade CTS; ii) natureza da Ciência; iii) metodologia e recursos didáticos empregados, iv) perspectivas dos alunos sobre o processo de ensino-aprendizagem desenvolvido; v) perspectivas da professora regente sobre o processo desenvolvido e; vi) perspectivas da professora/pesquisadora também sobre o processo de ensino-aprendizagem realizado. Ao final do trabalho desenvolvido, inferimos que a proposta realizada oferece significativa contribuição para mudanças no ensino-aprendizagem de Biologia, em função de aspectos como: a diversidade de estratégias pedagógicas, a utilização de diversos recursos didáticos, a maior interação entre professores e alunos, além da adoção de uma abordagem contextualizada dos conteúdos. Também nos proporcionou maior conhecimento em relação aos limites e possibilidades da utilização da educação CTS no ensino de Ciências e revelou-se uma interessante proposta de ensino, abrindo espaço em sala de aula para o aprofundamento do estudo de temas relacionados à Genética, a discussão de questões sociocientíficas e, de forma mais ampla, a adoção de uma perspectiva de ensino preocupada com a formação para a cidadania

**Palavras-Chave:** Educação CTS. Ensino de Ciências. Genética.



## ABSTRACT

From a real experience of teaching and learning, this study analyzes the application of the CTS (CTS means Science, Technology and Society) approach in Biology classes focused on Genetics. The research is based on qualitative approaches, characterizing it as an intervention research. The intervention process was carried out at " Maria José de Lima Silveira State High School," a public school located in Jequié/BA (Brazil) during two quarters (2nd and 3rd quarters) involving 19 students, members of a class of 3rd year of high school. The constitution of the data was made throughout the process and therefore were used the following instruments: i) participant observation, ii) material produced by students (written activities, texts, group activities, etc.); iii) questionnaire, with semi-structured questions, applied to the students who participated in this research iv) focal group for collection of testimonials from some students v) data obtained by the frequency control of students and, finally, vi) interview with the class teacher. In order to support the process of analysis we used six categories described as follows: i) coordination of the triad CTS (Science, Technology and Society), ii) the nature of science, iii) methodology and teaching resources, iv) students' perspectives on the teaching-learning process v) the teacher perspective on the process developed and vi) perspective of the teacher/researcher on the teaching-learning process. In the end, we concluded that the proposal developed offers significant contribution to changes in the teaching and learning of Biology, in aspects such as: the diversity of teaching strategies, the use of several teaching resources, a greater interaction between teachers and students, and the adoption of a contextualized approach of the topics studied. It also provided us with more knowledge about the limits and possibilities of the use of the CTS education in science teaching and proved to be an interesting proposal for teaching, creating an opportunity in the classroom to deepen the study of topics related to genetics, the discussion of socio-scientific issues and, broadly, the adoption of a teaching perspective concerned with education for citizenship

Keywords: CTS Education. Science Teaching. Genetics.

## Lista de Ilustrações

Figura 1 - Ilustração apresentando o símbolo que identifica um alimento produzido com base em OGMs, p. 99.

Figura 2 - Foto que demonstra os estudantes com exemplares de produtos produzidos com OGMs, p. 99.

Figura 3 - Foto que ilustra o momento da realização da dinâmica “júri simulado”, p. 103.

Figura 4 - Foto que evidencia um dos momentos do transporte dos estudantes do Colégio Estadual Maria José de Lima Silveira para a UESB, p. 105.

Figura 5 - Foto que apresenta um dos momentos da aula prática sobre as células realizada na UESB, p. 106.

Figura 6 - Foto que demonstra um dos momentos da aula prática sobre as células realizada na UESB, p. 107.

Figura 7 - Foto que ilustra os educandos visualizando as células ao microscópio e preenchendo o roteiro da aula prática, p. 108.

Figura 8 - Foto que elucida os estudantes visitando o Laboratório de Genética da UESB, p. 114.

Figura 9 - Foto que demonstra um dos momentos dos estudantes visitando a APAE - Jequié/BA, p. 117.

Figura 10 - Foto que ilustra uma aluna da APAE portadora de *Síndrome de Down*, p. 118.

Figura 11: Ilustração das inter-relações CTS estudadas durante a sequência didática, p. 129.

## **Lista de Tabelas, Gráficos e Quadros**

Gráfico 1: Dinâmica das três dimensões da tríade CTS ao longo dos 22 encontros da Sequência Didática, p. 131.

Gráfico 2: Desempenho dos estudantes na avaliação sobre 1ª Lei de Mendel, p. 174.

Quadro 1 - Categorias de ensino CTS. Fonte: Aikenhead (1994) apud Santos e Mortimer (2000, p. 15), p. 57 - 59.

Quadro 2 - Descrição das atividades realizadas durante a Sequência Didática, p. 73 - 77.

## Lista de Abreviaturas e Siglas

ACT	Alfabetização em Ciência e Tecnologia
APAE	Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
CT	Ciência e Tecnologia
CTS	Ciência Tecnologia Sociedade
CTSA	Ciencia-Tecnologia-Sociedade-Ambiente
DC	Desenvolvimento Científico
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
DDT	Dicloro-Difenil-Tricloroetano
DE	Desenvolvimento Econômico
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
DPGI	Diagnóstico Genético Pré-implantacional
DS	Desenvolvimento Social
DT	Desenvolvimento Tecnológico
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
EPA	Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental)
EPEF	Encontro de Pesquisa em Ensino de Física
GP-CTS	Grupo de Pesquisa em Educação Científica e Movimento CTS
HFC	História e Filosofia da Ciência
HFS	História, Filosofia e Sociologia
HFSC	História, Filosofia e Sociologia da Ciência
ICSU	Conselho Internacional da Ciência
IOEST	International Organization for Science and Technology Education
LDB	Leis de Diretrizes e Bases da Educação
NdC	Natureza da Ciência
OEA	Organização dos Estados Americanos
OGM	Organismo Geneticamente Modificado
PAF	Polineuropatia Amiloidótica Familiar
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais para Ensino Fundamental
PCN+	Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para Ensino Médio
PLACTS	Pensamento Latino Americano de Ciência, Tecnologia e Sociedade
PPGECFP	Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Formação de Professores
PRT	Professora Regente da Turma
RNA	Ácido Ribonucleico
RT	Referencial Teórico
SD	Sequência Didática
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

UNESCO Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

## SUMÁRIO

<b>Introdução</b>	<b>16</b>
<b>1.Referencial Teórico</b>	<b>22</b>
1.1 Algumas reflexões sobre o Ensino de Ciências	23
1.2 Ensino de Biologia – Genética	29
1.3 História e Filosofia da Ciência no ensino de Ciências: algumas considerações	35
1.4 Movimento CTS: origens e desdobramentos na Educação em Ciências	39
1.4.1 Movimento CTS no campo educacional: do mundo para o Brasil	47
1.4.2 Implementação das propostas CTS no contexto educacional	56
1.5 Papel do professor e dos estudantes em aulas fundamentadas no enfoque CTS	62
<b>2.0 Delineamento Metodológico</b>	<b>66</b>
2.1 Caracterização da natureza da pesquisa realizada	66
2.2 Desenvolvimento da proposta de intervenção	68
2.3 Perfil da turma	70
2.4 Descrição da sequência didática	71
<b>3.0 – Apresentação dos resultados: descrição da Sequência Didática e discussão das categorias de análises dos dados</b>	<b>73</b>
3.1 Apresentação da Sequência Didática	73
3.2 Descrição e análise da Sequência Didática	78
3.3 Categorias para análise dos resultados	123
3.4 Discussão das categorias de análises dos dados	126
3.5 Breves reflexões sobre a questão da interdisciplinaridade ao longo da Sequência Didática	183
<b>Considerações Finais</b>	<b>186</b>
<b>Referências</b>	<b>192</b>
<b>Apêndices</b>	<b>207</b>

A - Cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	209
B - Atividade avaliativa: texto crítico sobre o vídeo“DNA a Promessa e o Preço”	211
C - Atividade avaliativa: resenha crítica sobre o texto Aplicações da genética, riscos e promessas	213
D - Atividade avaliativa: lista de exercício - 1ª Lei de Mendel	215
E - Atividade avaliativa: lista de exercício - 2ª Lei de Mendel	220
F - Roteiro de aula prática: primeiros contatos com a célula	224
G - Questionário aplicado junto aos alunos participantes da pesquisa.	230
<b>Anexos</b>	<b>232</b>
1 Casal faz fertilização in vitro para impedir doença genética	234
2 Projeto Genoma faz 10 anos e perguntas se multiplicam	238
3 O problema da não paternidade	240
4 O alimento transgênico: vilão ou herói?	242
5 Aplicações da genética, riscos e promessas	244
6 Argumentos falaciosos que camuflam os OGMs	251
7 Vai um clone aí? Os prós e os contras da clonagem humana	259
8 Células da esperança	263
9 A história das leis de Mendel na perspectiva fleckiana	273
10 Visões de Ciências e sobre cientistas entre estudantes do Ensino Médio	286
11 Plano de ensino da professora regente	295
12 Atividade avaliava produzida pelos estudantes: resenha crítica	301
13 Atividade avaliativa produzida pelos educandos: “Jornal da Ciência”	305

## INTRODUÇÃO

Vivemos um período histórico em que as pessoas estão mergulhadas em “um espetáculo de renovações e de desenvolvimentos sem precedentes na História da Ciência”, a ponto de Granger<sup>1</sup> qualificar nossa época como a *Idade da Ciência*, isto é, um momento em que as pessoas, e a sociedade em geral, são imensamente influenciadas pelos avanços da Ciência e da Tecnologia. Tal progresso técnico-científico pode trazer tanto benefícios, quanto malefícios à vida humana e ao planeta como um todo. Neste caso, precisamos analisar criticamente o impacto da Ciência-Tecnologia, em termos de potenciais riscos e prejuízos ao meio ambiente, à saúde e a própria organização política, econômica, cultural e social.

Nas últimas décadas, são cada vez maiores os questionamentos e reflexões sobre os problemas, as limitações, implicações e, principalmente, as transformações que as atividades científico-tecnológicas engendram sobre a sociedade. Daí a emergência de grupos de pesquisadores, filósofos, sociólogos, ambientalistas e educadores empenhados na defesa de um modelo de decisões mais democrático, no que se refere à construção do saber científico e sua aplicação sobre a sociedade, na qual as pessoas deixariam de ser passivas e passariam a participar de forma ativa, crítica e responsável nas decisões sobre os rumos tomados pela atividade científica e tecnológica.

Nessa direção, surgiram em diversos países, movimentos de reação acadêmica e social que passaram a discutir, em diferentes vertentes, o uso e as consequências da utilização da Ciência e da Tecnologia sobre a sociedade, reivindicando maior participação da população nas decisões públicas que envolvam questões sociocientíficas.

Na esteira dessas articulações e movimentos, destaca-se o *Movimento Ciência-Tecnologia e Sociedade (Movimento CTS)*, que surgiu a partir dos anos 70 do século passado, objetivando discutir as relações entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade e; buscar novas maneiras de compreender o impacto do desenvolvimento técnico-científico sobre a sociedade contemporânea (SANTOS; MORTIMER, 2000).

---

<sup>1</sup> GRANGER, G-G. *A Ciência e as Ciências*. São Paulo: Editora Unesp, 1994.



Nesse sentido, reconhecendo a educação como instrumento fundamental para a construção da cidadania, desde a década de 50/60, no mundo inteiro, têm-se discutido mudanças nos currículos para o ensino de Ciências. Em suma, tais recomendações propõem alternativas que favoreçam a instrumentalização dos educandos para participar das decisões referentes a questões sociocientíficas reinantes na sociedade.

Entretanto, constatamos que o ensino de Ciências, em muitos casos, ainda é deficiente para oferecer uma educação científica de qualidade. Presenciamos a prevalência de um ensino desenvolvido de uma forma excessivamente descritiva, com excesso de terminologias, descontextualizado e sem vinculação com a análise de questões sociocientíficas. Essa tendência contribui para reforçar um ensino teórico, enciclopédico, voltado para a transmissão de informações visando os exames vestibulares ou mais recentemente as provas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)<sup>2</sup> (LIMA; TEIXEIRA, 2011; KRASILCHIK, 2004; TEIXEIRA, 2003a; TRIVELATO, 2000).

Esse quadro torna-se mais preocupante quando nos referimos ao ensino de Genética, pois essa área do conhecimento é considerada como uma das principais subáreas das Ciências Biológicas na atualidade. A Genética é assim avaliada, devido a três fatores básicos: i) o enfoque genético é fator primordial para os estudos de qualquer processo biológico, desde o nível molecular até o populacional, o que o torna um componente indispensável para quase todas as áreas de pesquisa na Biologia Moderna e na Medicina; ii) a Genética assume uma posição de destaque nos interesses humanos pois, tem muito a nos dizer sobre a natureza da humanidade, sendo única, nesse aspecto e; iii) as aplicações dessa Ciência estão hoje em vários campos, da agricultura à saúde humana (GRIFFITHS, et al., 2001; GRIFFITHS, et al., 2002).

Assim, diante da relevância que a Genética assumiu nos últimos anos, das significativas contribuições que ela trouxe e vem trazendo para melhorar a qualidade de vida da população humana e, das implicações da utilização dos conhecimentos genéticos para a humanidade e para o meio ambiente, se faz necessário que todos os

---

<sup>2</sup> O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) é uma prova realizada pelo Ministério da Educação do Brasil com objetivo de avaliar a qualidade do Ensino Médio no país; seu resultado é utilizado para os estudantes terem acesso ao ensino superior em algumas universidades públicas brasileiras.

cidadãos compreendam os assuntos referentes à Genética para que eles possam tomar decisões informadas sobre eles e sobre suas próprias vidas.

Em presença dessa necessidade emergente, precisamos construir propostas educacionais para amenizar as precariedades do processo de ensino-aprendizagem nessa área. Defendemos que a implementação do *enfoque CTS*<sup>3</sup> no contexto educacional, nas aulas de Ciências/Biologia, poderá contribuir para efetivação de um ensino de natureza mais reflexiva, proporcionando instrumentos para a construção de uma alfabetização científica comprometida efetivamente com a instrumentalização para a cidadania e subsidiando projetos pedagógicos que favoreçam melhorias voltadas para a construção de uma educação de boa qualidade.

Deste modo, o presente trabalho elege como justificativa os seguintes aspectos: i) o imperativo de implementação de reformas no ensino de Ciências; ii) a necessidade de promover uma dimensão formativa e cultural que instrumentalize os educandos para o exercício da cidadania; iii) a minha formação em Licenciatura em Ciências Biológicas, fato que permitiu-me atuar nos diferentes níveis de ensino, adquirir experiências no contexto educacional e refletir sobre a necessidade da renovação do ensino de Ciências; iv) o ensino de Genética é fundamental para inúmeros aspectos de interesse das pessoas, sendo assim essencial para a formação dos alunos, pois além de promover a compreensão sobre a vida vegetal, animal e microbiana, também favorece o desenvolvimento de habilidades e atitudes para a tomada de decisão, incluindo a capacidade de reconhecer alternativas, localizar, aplicar informações e selecionar opções relativas à saúde em nível comunitário e pessoal e, por fim; v) as reflexões e/ou a utilização da *abordagem CTS*, a partir de experiências concretas em sala de aula, ainda são pouco exploradas em estudos analíticos, sendo necessário analisar mais sistematicamente essas experiências.

---

<sup>3</sup> É sabido que há diversas maneiras de abordar as relações CTS no contexto da Educação Científica. Nesse sentido, podemos citar STRIEDER (2012) que em sua tese de doutorado caracteriza as principais abordagens CTS da seguinte forma: o "*Enfoque CTS*" se relaciona às repercussões do Movimento CTS no contexto educacional; o "*Movimento CTS*" se refere às discussões CTS num contexto mais amplo, enquanto situação de intervenção social e; a "*Abordagem CTS*" se refere à diversidade de formas que discutem as relações CTS no contexto da Educação Científica. No nosso caso, utilizamos livremente os termos *Movimento CTS*, *Enfoque CTS* e *Abordagem CTS* sem nos preocuparmos com as especificidades apresentadas por cada um deles. Neste trabalho esses termos são utilizados com igual significado.

O presente trabalho é vinculado a um projeto de pesquisa de maior amplitude, coordenado pelo *Grupo de Pesquisa em Educação Científica e Movimento CTS (GP-CTS)*, vinculado ao *Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Formação de Professores da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia*, tendo como objetivo analisar a aplicação do *Enfoque CTS* em situações concretas de ensino-aprendizagem de Ciências/Biologia no Ensino Médio e, colaborar para que os demais educadores compreendam as contribuições e desafios envolvidos na utilização dessa abordagem como alternativa para as aulas de Biologia, sobretudo no Ensino Médio.

Considerando o exposto, o objetivo da pesquisa descrita neste texto é analisar as potencialidades, limites e desafios a envolver a aplicação do *Movimento C.T.S.* em aulas de Biologia, no Ensino Médio, dedicadas a conteúdos de Genética.

Os objetivos específicos foram assim definidos:

- i) planejar uma sequência didática para ser aplicada durante as aulas de Genética, tomando por base os referenciais do *Movimento CTS*;
- ii) desenvolver a intervenção didática planejada e;
- iii) analisar as implicações da aplicação dessa sequência didática em termos de ensino-aprendizagem dos conteúdos científicos e das questões sociocientíficas envolvidas no processo.

Para desenvolver as ações propostas nesta pesquisa, realizamos um estudo de intervenção, envolvendo alunos concluintes do Ensino Médio e uma professora de Biologia, ambos de uma escola da rede pública de ensino da cidade de Jequié/BA. Como estratégia de investigação, utilizamos a modalidade “pesquisa de intervenção”.

A instituição escolar onde desenvolvemos as atividades foi selecionada devido à mesma estar entre as principais escolas de pequeno porte do município de Jequié e oferecer o Ensino Médio, incluindo aulas de Biologia e os conteúdos de Genética, focalizados no âmbito desta investigação.

O desenvolvimento da proposta de intervenção se efetivou por meio da utilização de uma sequência didática (SD), isto é, um conjunto de atividades (aulas) planejadas para o ensino de Genética, obedecendo algumas das diretrizes difundidas pelo *Movimento CTS* na construção e concretização das mesmas, objetivando a aprendizagem dos alunos.

Este texto de dissertação contém além da introdução, três capítulos: i) referenciais teóricos, ii) delineamento metodológico, iii) análise dos resultados e; as considerações finais.

O capítulo dedicado a apresentação dos referenciais teóricos (RT) é constituído por três partes abordando as principais referências teóricas que embasam nosso trabalho de investigação. Na primeira seção demonstramos reflexões realizadas sobre o atual estágio do ensino de Ciências em nosso país, evidenciando a necessidade de melhorias na educação em Ciências/Biologia, para que o ensino nessa área favoreça a preparação de alunos alfabetizados cientificamente e participativos no processo democrático de tomada de decisões e, na resolução de problemas pessoais e sociais que envolvam a Ciência e a Tecnologia.

Também apresentamos uma revisão da literatura sobre as temáticas relativas à Genética e ao seu ensino na escola básica, com destaque para o contexto e a forma como esse conteúdo é desenvolvido no ensino de Biologia e a relevância desses estudos para a formação dos educandos, promoção da saúde e melhoria da qualidade de vida dos mesmos.

Na continuidade realizamos uma breve discussão sobre as implicações da introdução da “História e Filosofia da Ciência” no ensino de Ciências, com destaque para os benefícios que a incorporação desses estudos propicia para a alfabetização científica dos educandos.

A segunda parte do RT evidencia uma revisão bibliográfica sobre o *Movimento CTS*, com ênfase para seu surgimento no contexto das discussões sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade na segunda metade do século XX, seu impacto no campo educacional e contribuições para a proposição de modificações no âmbito da educação científica.

A terceira e última seção do RT expõe a continuidade da revisão bibliográfica sobre o *Movimento CTS*, apresentando alguns trabalhos que analisaram a utilização dessa abordagem como proposta curricular no campo educacional, particularmente na área de Educação Científica.

Na sequência, o segundo capítulo é dedicado à apresentação do delineamento metodológico adotado para a investigação, apontando a proposta inicial; os detalhes que caracterizaram a elaboração da SD; a aplicação da SD no processo de

intervenção; e os instrumentos de coleta de dados. Além disso, também apresentamos preliminarmente algumas categorias que poderão sustentar a análise de dados.

No terceiro capítulo, explicitamos a análise dos dados constituídos ao longo da pesquisa. Nesse espaço, evidenciamos detalhadamente as atividades desenvolvidas ao longo das várias aulas que envolveram o projeto, descrição da Sequência Didática, e as discussões desenvolvidas sob a luz das categorias de análises.

Por fim, nas “Considerações Finais”, é apresentada uma síntese dessa investigação, com destaque para algumas reflexões sobre os limites e potencialidades da utilização da *Abordagem CTS* em aulas de Biologia, no ensino médio.

Em suma, pretende-se com esse trabalho, além de obter uma melhor compreensão sobre a utilização do Enfoque CTS em aulas de Biologia, contribuir para um maior conhecimento entre os pesquisadores e educadores que se propõem a trabalhar nessa perspectiva, no sentido em que os mesmos possam perceber os desafios, limites, potencialidades e benefícios dessa proposta para o ensino de Ciências.

## CAPÍTULO 1 REFERENCIAL TEÓRICO

No presente capítulo, discutiremos aspectos relevantes extraídos da análise de estudos sobre o ensino de Ciências desenvolvidos nas últimas décadas no Brasil e no mundo, explicitando algumas reflexões, com ênfase na demarcação de suas finalidades e no seu papel atual para o contexto brasileiro.

Comentaremos aspectos sobre o ensino de Genética, com destaque para o contexto e a forma como estudos nessa área são desenvolvidos e a relevância dos mesmos para a formação dos educandos. Nesse sentido, ressaltaremos a importância dos estudos nesse campo para a sociedade contemporânea, com destaque para a compreensão de assuntos polêmicos e controversos (biotecnologias) relacionados às implicações da utilização dos conhecimentos genéticos para a população humana e o meio ambiente. Também enfatizaremos como o estudo dos conhecimentos genéticos pode favorecer a tomada de decisão e o exercício da cidadania.

Na sequência, levando-se em consideração que a o *Movimento CTS* defende a necessidade de uma abordagem histórico-filosófica dos conteúdos das disciplinas científicas e a apresentação de uma abordagem de Ciência em sua dimensão ampla, em que são discutidos muitos outros aspectos além da natureza da investigação científica e do significado dos conceitos científicos, teceremos argumentos sobre a importância da inclusão da “História e Filosofia da Ciência” no ensino de Ciências e suas contribuições para a efetivação de um ensino de melhor qualidade, comprometido com a alfabetização científica dos estudantes e o exercício da cidadania.

Por fim, apresentaremos uma revisão bibliográfica sobre o *Movimento CTS*, com evidência para o surgimento das discussões sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade no campo educacional, suas implicações e contribuições para a melhoria do ensino de Biologia. Aliado a isso, apresentaremos trabalhos que analisam a utilização dessa abordagem como proposta curricular e metodológica no campo educacional.

Essas discussões constituem o marco inicial para que seja possível definir nossa compreensão das relações entre o ensino de Ciências e o *Movimento CTS*,

considerando as propostas de sua inserção na escola e as dificuldades, implicações e contribuições da utilização dessa abordagem especificamente no ensino de Biologia.

### **1.1 - Algumas reflexões sobre o Ensino de Ciências**

É possível reconhecer que, nestas últimas décadas, vêm surgindo diversos movimentos que refletem diferentes objetivos da educação, modificados em função de transformações no campo político, econômico e social.

Diante do contexto social atual, os objetivos básicos da educação, segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, n. 9.394/96, estão postulados em função da formação básica do cidadão. Para isso, a escola fundamental deveria propiciar o pleno domínio da leitura, da escrita e do cálculo, a compreensão do ambiente material e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade (BRASIL. Lei no 9.394/1996, art. 32, incisos I-IV)

Nessa perspectiva, o ensino médio assume a função de consolidação dos conhecimentos e a preparação para o trabalho e para a cidadania. Esse aprendizado inclui a formação ética, a autonomia intelectual e a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos.

Nota-se que entre os objetivos educacionais acima mencionados, há uma preocupação em propiciar aos estudantes, pelo menos em nível de discurso, as habilidades e competências que os permitam compreender eficazmente os embasamentos científicos e tecnológicos relativos aos processos produtivos que regem o desenvolvimento econômico e social.

Nos tempos atuais, a necessidade de oferecer aos cidadãos os conhecimentos envolvendo a Ciência e a Tecnologia é mais imperativa, pois a sociedade está cada dia mais permeada pelos conhecimentos científico-tecnológicos; as intervenções e inovações da Ciência e Tecnologia surgem sem parar, e mudam vertiginosamente a realidade social e ambiental, alterando o próprio estilo de vida das pessoas, para o bem ou para o mal. Dessa forma, é indispensável, em sociedades democráticas, que os indivíduos tenham o direito e o dever de se implicarem nas grandes decisões que envolvam opções de natureza científica e técnica (MARTINS; PAIXÃO, 2011).

Nesse sentido, à medida que a Ciência e a Tecnologia foram reconhecidas como elementos essenciais para o incremento do modelo econômico desenvolvimentista operante em nosso mundo e a sociedade se tornou cada dia mais dependente dos artefatos científico-tecnológicos, o ensino das Ciências (Química, Física, Biologia), em todos os níveis, foi crescendo de importância, sendo também, objeto de inúmeros movimentos de transformação (KRASILCHIK, 2004).

Agora precisamos dispor tanto de conhecimentos “em” Ciência e Tecnologia, como também “sobre” Ciência e Tecnologia, para que possamos exercer a nossa cidadania. Formar o cidadão na contemporaneidade significa dizer que o mesmo deverá ser educado cientificamente, visto que a Ciência e a Tecnologia são corpos de saberes fundamentais para a compreensão do mundo em que vivemos.

Assim, a educação científica converteu-se, na visão dos especialistas, numa exigência urgente, num fator essencial para o desenvolvimento das pessoas e dos povos (CACHAPUZ et al., 2005).

Em outras palavras, passou-se a exigir um ensino de Ciências capaz de proporcionar a formação científica para todos os estudantes como parte da sua formação geral, de modo a permitir que eles sejam capazes de tomar decisões pessoais relacionadas aos resultados das novas tecnologias e satisfazer as necessidades sociais (WOOD-ROBINSON et al., 1998; CACHAPUZ et al., 2005).

No âmbito dessas discussões, Wood-Robinson et al. (1998) assinalam três funções básicas para a educação científica:

- i) Função utilitária: designa que os educandos sejam capazes de aplicar, na prática, os conhecimentos científicos que lhes forem necessários, como por exemplo, saber avaliar se desejam ou não consumir um alimento composto por algum componente transgênico;
- ii) Função cultural: pressupõe que os estudantes entendam a Ciência como patrimônio cultural da humanidade, ou seja, além de conhecer eventos históricos, os alunos devem ser capazes de compreender as discussões da época atual e;
- iii) Função democrática: implica a utilização dos conhecimentos científicos para entender e participar dos debates relacionados a temas



científicos. Somente o educando cientificamente formado e informado poderá ser capaz de tomar decisões na sociedade contemporânea.

(WOOD-ROBINSON et al., 1998, p. 44 - 45).

Admiti-se que essa formação científica contribua para que os estudantes sejam aptos para entender e aprofundar as explicações atualizadas dos processos e conhecimento científicos, a importância da Ciência e da Tecnologia na vida moderna e o interesse pelo mundo dos seres vivos. Esses conhecimentos devem colaborar, ao mesmo tempo, para que o cidadão seja capaz de usar o que aprendeu ao tomar decisões de interesse individual e coletivo, num contexto de um quadro ético de responsabilidade e respeito que leve em conta o papel do homem na biosfera (KRASILCHICK, 2004).

Entretanto, as expectativas depositadas em relação à contribuição do ensino de Ciências para a educação científica dos cidadãos não tem se cumprido. Ainda assistimos a “um fracasso generalizado e, o que é pior, a uma crescente recusa dos estudantes para a aprendizagem das Ciências e incluso para a própria Ciência” (CACHAPUZ et al., 2005, p. 37 - 38).

Esta preocupante distância entre ensino de Ciências veiculado em nossas escolas e o tipo de ensino que a sociedade contemporânea exige, tem orientado o desenvolvimento de várias pesquisas relacionadas ao campo de Educação em Ciências (CHASSOT, 2011; TEIXEIRA, 2003a; KRASILCHIK, 2004; CACHAPUZ et al., 2005). A maior parte dos trabalhos realizados se preocupa em compreender a forma como o processo de ensino-aprendizagem é conduzido. Concomitantemente surgem proposições que assinalam melhorias nessa área do saber.

Os resultados desses estudos demonstram o imperativo de superar grandes desafios, ainda não superados, no campo da Educação em Ciências, mais especificamente, na subárea de Ensino de Biologia. Dentre estes desafios, Lima e Teixeira (2011) destacam:

a necessidade de transformar a tradicional forma como é conduzido o processo de ensino, marcado por uma abordagem puramente conceitual e descontextualizada, centrada na transmissão de informações e na apresentação de uma Biologia distante da realidade, por meio de aulas predominantemente teóricas, carregadas de exposições orais e orientadas quase que exclusivamente pelo uso de manuais didáticos. É frequente a ênfase em processos de memorização de conceitos, fenômenos,

nomenclaturas, leis, fórmulas e teorias que são expostas nas aulas e depois cobradas em provas e outras modalidades de exames e testes (LIMA; TEIXEIRA, 2011).

Krasilchik (2004) também ressalta que na prática de sala de aula prevalece um ensino diretivo, autoritário, em que as oportunidades de discussão dos alunos são coibidas, indicando que estamos fazendo apenas transmissão de conhecimentos.

Corroborando com o argumento proposto por Krasilchick (2004), Carvalho e Guazzelli (2005) observam que, atualmente, em Biologia, o ensino está reduzido à transmissão de conceitos prontos, o que impede a escola de desenvolver seu verdadeiro papel: dotar as pessoas de condições teóricas e práticas para que elas utilizem, transformem e compreendam o mundo da forma mais responsável possível.

Autores como Chassot (2011) e Krasilchik (2004) ressaltam em suas pesquisas que ainda encontram um ensino sem conexão com a história, em geral, fundamentado na transmissão de conhecimentos, preocupado com o vestibular e, atualmente, com o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Os autores chamam a atenção para um dos grandes problemas do Ensino Médio: a preocupação com os conteúdos em função desses exames, pois, muitas vezes, aspectos relevantes para a vida do estudante deixam de ser explorados.

Em geral, ao observarmos as aulas de Biologia no contexto da escola básica, ainda presenciamos a prevalência de um ensino desenvolvido de forma excessivamente descritiva, livresca, com excesso de terminologias, conteúdos descontextualizados e sem vínculos com a análise de questões sociais, quadro que reforça um ensino de base teórica e enciclopédica, voltado apenas para a transmissão de informações (KRASILCHIK, 2004; TEIXEIRA, 2003a; TRIVELATO, 2000), sem dar a oportunidade aos estudantes de refletir sobre o seu meio à luz dos novos conhecimentos estruturados em sala de aula (KRASILCHIK, 2004).

Ao mesmo tempo, nessa mesma direção, muitos autores consideram o problema da não abordagem dos elementos da natureza da Ciência e da História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino de Ciências (MATTHEWS, 1995; BATISTETI et al., 2007; MARTINS 1998; KHASILCHICK, 2004; SCHEID; DELIZOICOV; FERRARI, 2003). Para eles, esse é um dos principais entraves para a construção dos conhecimentos científicos e para a formação do cidadão. Os currículos de Ciências

ainda retratam uma prática científica como se fosse separada da sociedade, da cultura e da vida cotidiana.

A não inclusão da HFC no processo de ensino-aprendizagem impede os estudantes de desenvolverem a compreensão de que há uma ampla rede de relações entre a produção científica e o contexto social, econômico e político, dificultando a desmistificação da visão positivista da Ciência, ainda muito presente em nossas instituições escolares (MATTHEWS, 1995; BATISTETI et al., 2007; MARTINS 1998; KHASILCHICK, 2004; SCHEID; DELIZOICOV; FERRARI, 2003).

Trivelato (1999) também advoga que a mudança sobre a visão de Ciência e de Tecnologia seja, talvez, a principal razão da dimensão do que se pretende alterar no ensino de Ciências, ou seja, encarar a produção científica e tecnológica sujeitas às forças que regem a sociedade, aos interesses econômicos, políticos, sociais, morais e éticos, desfaz aquela imagem de cientista-indivíduo, movido por uma curiosidade “pura”, desvinculado de um contexto que impõe necessidade, que cria demandas, que faz pressões, que julga e que opta.

A “História e Filosofia da Ciência”, inserida na Educação em Ciências, pode ser uma ferramenta facilitadora para a educação científica, quando o pressuposto é o aspecto dinâmico do saber científico, pois poderá oportunizar um caminho de orientação aos alunos na apropriação de uma concepção de Ciência constituída numa construção sócio-histórico-cultural. Por outro lado, também pode auxiliar na compreensão dos conceitos fundamentais da disciplina e na formação de um espírito crítico dos educandos, fazendo com que o conhecimento científico seja desmitificado sem, entretanto, ser destituído de valor (MATTHEWS, 1995; BATISTETI et al., 2007; MARTINS, 2007; SCHEID; DELIZOICOV; FERRARI, 2003).

A partir de conhecimentos sobre as descobertas científicas, os conceitos e fenômenos científicos passam a ter significado para os jovens, e assim são mais fácil e duradouramente assimilados (KHASILCHICK, 2004).

Em concordância com essas discussões, também acreditamos que para se alcançar a melhoria do ensino - aprendizagem de Genética é imprescindível que haja a cooperação entre a Educação Científica e a História da Ciência. No entanto, há ainda a necessidade de serem produzidos mais trabalhos que abordem essas discussões, que sejam publicados e acessíveis aos professores, de modo a auxiliá-los

em sua prática (JUSTINA; FERRARI, 2000; LEITE, 2000; SCHEID; DELIZOICOV; FERRARI, 2003).

Embora as recomendações favoráveis a integração das relações CTS e a inclusão da abordagem histórico-filosófica da Ciência nas atividades curriculares da escola básica estejam em pauta já há muitos anos, ainda são tímidas as iniciativas para concretizá-las.

Outro fator proeminente a ser considerado nas discussões relativas ao ensino de Ciências diz respeito à formação de professores. Uma educação básica de qualidade, num mundo em que os conhecimentos científicos se tornaram condição para o exercício da cidadania, exige que os professores estejam preparados e permanentemente atualizados em suas disciplinas e nos processos de aprendizado.

A importância dessa reflexão se justifica por eles serem os principais orientadores do processo de ensino-aprendizagem em sala de aula e a sua práxis pedagógica influencia tanto a qualidade do ensino, quanto a construção dos conhecimentos dos estudantes. Dessa forma, não basta apenas planejar cuidadosamente e fundamentalmente o currículo de Ciências se o professorado não for contemplado com uma preparação adequada para implementá-lo.

Alguns trabalhos demonstram que os cursos de formação docente não têm levado os professores a adquirir a preparação necessária para desenvolver os novos currículos de Ciências, pois há uma defasagem existente entre a preparação ou treinamento oferecido pelas instituições de formação profissional e a realidade da atividade prática futura (GIL-PEREZ, 2001; CARVALHO, 2004; DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2007; IMBERNÓN, 2009; SANTOS, 1991). Ao mesmo tempo, muitos esforços de pesquisadores da área estão voltados para promover benfeitorias nesse campo.

Entretanto, não basta somente oferecer uma formação docente de qualidade; é importante que os professores estejam motivados e dispostos a lançar mão das inovações pedagógicas propostas para melhoria do ensino e desempenharem seu papel de forma significativa, sempre comprometidos com alfabetização científica dos estudantes e a preparação dos mesmos para o exercício da cidadania. Aliado a isso, é bom lembrar que as condições vigentes de trabalho dos docentes, muitas vezes não contribuem para o implemento de um processo de ensino-aprendizagem eficiente.

Em suma, a maioria das recomendações de melhorias apontadas pelos estudos e pesquisas em Educação em Ciências está orientada para subsidiar propostas voltadas para a transformação do ensino-aprendizagem na área, que ainda se mostra deficiente para atender as necessidades da sociedade vigente.

Diante da necessidade emergente de um ensino de Ciências hábil para promover uma educação científica que atenda às exigências decorrentes do estado atual do conhecimento científico e suas aplicações, é fundamental que haja uma reorientação no ensino de Ciências/Biologia, de modo a criar condições que propiciem a formação do cidadão.

Nesse sentido, entendemos que, dentre as diversas propostas orientadas para transformações do ensino-aprendizagem de Ciências, apontadas pela literatura em Educação em Ciências, destacam-se aquelas vinculadas ao *Movimento CTS*, pois há a proposição de um ensino voltado para a formação para a cidadania, centrando preocupação na proposição de atividades de ensino em que os alunos desenvolvam conhecimentos, habilidades, atitudes e valores relacionados à sociedade democrática e à construção social de um mundo mais justo e sustentável (SANTOS, 2007; LIMA; TEIXEIRA, 2011) como é o caso da proposta apresentada nesta pesquisa.

## **1.2 - Ensino de Biologia - Genética**

A Biologia (do grego bios - vida, logos - estudo) é uma Ciência que estuda todos os seres vivos e os mecanismos que regem a vida. A todo instante somos exigidos a tomar decisões que dizem respeito a nossa saúde, nosso bem-estar e sobre o ambiente que nos cerca e, para isso, os conhecimentos biológicos tornam-se essenciais para orientar a escolha das decisões mais acertadas no sentido de preservar a nossa vida e o meio em que estamos inseridos.

Para Krasilchik (1991), citada por Casagrande (2006), um indivíduo alfabetizado em Biologia seria aquele capaz de:

- i) entender a natureza da Biologia como ciência, suas possibilidades e limitações;
- ii) distinguir ciência de tecnologia, compreendendo as especificidades de cada uma delas;
- iii) compreender as características da Biologia como instituição social, as relações entre pesquisa e desenvolvimento e, as limitações sociais do desenvolvimento científico;

- iv) conhecer os conceitos básicos e a linguagem da ciência biológica;
- v) interpretar dados numéricos e informações técnicas e tecnológicas e;
- vi) saber onde e como buscar a informação e os conhecimentos.

Em se tratando dos documentos legais, os Parâmetros Curriculares Nacionais defendem que o ensino de Biologia deve, além de fornecer informações, estar voltado ao desenvolvimento de competências que possibilitem aos estudantes lidar com as informações, compreendê-las, elaborá-las e refutá-las, se for necessário. O educando deverá ser capaz de compreender o mundo e agir com autonomia, fazendo uso dos conhecimentos adquiridos da Biologia e da Tecnologia para realizar ações práticas, fazer julgamentos e de tomar decisões (BRASIL, 1999).

Falando de forma mais abrangente, os conhecimentos biológicos, além de serem indispensáveis para que a sociedade conheça e utilize os recursos naturais de forma correta (como definida por especialistas da área ambiental), promovendo a preservação e a conservação do meio ambiente, também auxiliam a promover a saúde e o bem estar da humanidade. Ou seja, por meio da aplicação desses conhecimentos é possível compreender as doenças que acometem a população humana; evitar o aparecimento delas e prover mecanismos que amparem a prevenção e a cura das enfermidades; auxiliar a fabricação de vacinas e medicamentos; subsidiar o melhoramento genético de plantas e animais e; propiciar o desenvolvimento de diversas áreas de interesse socioeconômico, como a medicina, agricultura, pecuária, entre outras.

Com os avanços científico-tecnológicos das últimas décadas, o advento da biotecnologia, engenharia genética, biologia molecular, do Projeto Genoma e a necessidade crescente de tomadas de decisões relacionadas a esses assuntos, a Biologia e mais especificamente, a Genética (ramo da biologia que estuda a hereditariedade) vêm assumindo posição de destaque dentre as áreas científicas, por ser considerada uma necessidade atual para a formação de qualquer cidadão e por assumir importantes implicações nas questões sociais e éticas.

Assim, podemos citar vários assuntos ligados à genética molecular e suas várias implicações, que são ou deveriam ser de interesse para as pessoas em geral: biologia reprodutiva, melhoramento genético com base em bioengenharia, transgênicos, clonagem de animais, clonagem terapêutica, teste de paternidade, células-tronco, sequenciamento de genomas, etc. De fato “as questões genéticas estão

em nossa vida cotidiana e ninguém pode ignorar suas descobertas” (GRIFFITHS, et.al., 2002).

Complementando a afirmação apresentada acima, podemos apontar as principais aplicações genéticas utilizadas pelos seres humanos. São elas: utilização da técnica de transgenia para a produção de plantas e animais mais produtivos, resistentes a pragas, doenças e estresses ambientais como seca e frio; utilização dessa mesma técnica na produção de alimentos com propriedades nutricionais diferenciadas, mais ricos em proteínas ou micronutrientes com atividades funcionais de importância médica, favorecendo a boa saúde humana; utilização de testes genéticos para diagnosticar doenças, nas investigações forenses, como auxílio na elucidação de crimes e na identificação de pessoas; utilização dos conhecimentos genéticos para realizar testes de paternidade; testes genômicos que podem auxiliar no diagnóstico (identificação) e no prognóstico (predição sobre a evolução e as chances de cura ou tratamento) de doenças; utilização de células-tronco no tratamento de lesões e doenças; uso da Genética no sentido de minimizar efeitos negativos da ação humana sobre o meio ambiente, como a técnica de biorremediação (uso de microrganismos ou plantas para a limpeza ou descontaminação de áreas ambientais afetadas por poluentes) e; também, para o controle de pragas, como exemplo a inserção de genes nas plantas que fazem suas células produzirem proteínas tóxicas aos insetos, mas sem qualquer impacto sobre a saúde humana (GOLVEIA, 2010).

É inegável que todas as soluções trazidas pela Genética parecem muito animadoras e eficazes. Entretanto, elas não são totalmente isentas de riscos e potenciais problemas. O emprego de conhecimentos científico-tecnológicos pode, muitas vezes, afetar positiva ou negativamente a sociedade e o planeta.

Nessa direção, podemos nos reportar a influência dos meios de comunicação na divulgação desses processos, ou seja, atualmente, os meios de comunicação frequentemente evidenciam o progresso da Genética, o advento da engenharia genética e suas aplicações. No entanto, há uma tendência, de jornais e revistas de apresentarem as informações técnico-científicas de forma superficial, com relevância estabelecida apenas para os fatos e acontecimentos de interesse social, sem compromisso de revelar os riscos e prejuízos que tais conhecimentos podem causar à

população humana e ao meio ambiente e, sem se preocuparem em apresentar orientações críticas que ajudem a informar a população sobre questões éticas e de segurança relacionada a esses assuntos.

Deste modo, a análise das vantagens e desvantagens do emprego de uma determinada tecnologia ou da realização de certos experimentos científicos deve ser desenvolvida não somente por especialistas, mas também, por todos os cidadãos, já que a vida de todos nós será afetada por tais processos. Assim, não podemos deixar de citar as questões éticas envolvidas nesses processos e que causam grandes discussões no âmbito social. A importância das discussões éticas está em fazer com que a Ciência não utilize indiscriminadamente as novas tecnologias logo que se tornem viáveis, mas somente após possuímos os conhecimentos suficientes para utilizá-las em benefício da humanidade e não em seu detrimento. Nesse sentido, as discussões em relação à bioética permitirão que a sociedade decida sobre as tecnologias que lhe convêm.

Em presença dessas informações, mais do que nunca, o cidadão depende de uma base sólida de conhecimentos, que poderia ser oferecida pela escola, para compreender os assuntos de cunho sócio-científicos e tomar decisões relacionadas aos mesmos (CASAGRANDE, 2006).

Assim, tanto a seleção dos conteúdos, como a forma de trabalhá-los em sala de aula, deveriam estar voltados à formação de um aluno crítico e consciente de seu papel no desenvolvimento da sociedade. A escola deve, portanto, despertar no aluno uma nova visão de mundo, fornecendo subsídios para que o estudante se sinta parte desse mundo, não só como espectador, mas, como agente transformador, capaz de modificar positivamente o mundo à sua volta (Id, 2006, p. 32).

Diante disso, é cada vez mais urgente que o ensino de Biologia/Genética seja eficaz no sentido de instrumentalizar os educandos para entender e participar de debates públicos relacionados aos conteúdos sócio-científico-tecnológicos e sejam capazes de exercer sua cidadania em prol de uma sociedade mais justa e igualitária.

Em se tratando do ensino de Genética, foco do nosso trabalho, muitas pesquisas realizadas com intuito de conhecer os principais problemas do ensino de Ciências, demonstraram que a Genética foi apontada, tanto pelos educandos, quanto pelos professores, como uma das áreas da Biologia que apresenta assuntos mais



complexos e de difícil compreensão (WOOD-ROBINSON; LEWIS; LEACH; DRIVER, 1998; LEWIS; LEACH; WOOD-ROBINSON, 2000; LEWIS; WOOD-ROBINSON, 2000; MELO; CARMO, 2009).

Aliado a isso, outros trabalhos também têm sido realizados com o objetivo de verificar quais os conhecimentos e qual a compreensão que os jovens, do final do Ensino Médio, possuem sobre essa Ciência e, como eles percebem as questões que têm sido suscitadas pela aplicação das novas tecnologias genéticas em diversos contextos (WOOD; LEWIS; LEACH; DRIVER, 1998; LEWIS; WOOD-ROBINSON, 2000; GOLDBACH et al., 2009).

Os resultados obtidos são preocupantes, pois demonstram que, geralmente, nem mesmo os conceitos básicos de Genética são compreendidos pelos estudantes dessa faixa de escolarização (JUSTINA; FERRARI, 2000; JUSTINA; RIPPEL, 2003; MELO; CARMO, 2009; GOLDBACH et al., 2009).

Confirmando tal declaração, Giordan e Vecchi (1996) salientam que os educandos apresentam-se confusos em relação aos conceitos genéticos. Esses autores comentam que, apesar de praticamente todos os alunos terem algo a dizer sobre o tema, a maioria deles usa a terminologia científica confundindo o sentido de diferentes termos, configurando um pseudosaber.

Nesse sentido, Longden (1982) e Thomas (2000) concordam que muitos problemas de aprendizagem de Genética são oriundos de uma compreensão inadequada da terminologia.

Justina e Ferrari (2000), igualmente, sustentam que a dificuldade na compreensão dos conceitos de Genética está no fato dos estudantes apresentarem um entendimento limitado acerca de estruturas básicas, como, por exemplo, sobre o que é um gene e onde está localizado. Além disso, para os mesmos autores, a organização curricular também contribui para esta dificuldade: a genética é discutida no 3º ano do Ensino Médio enquanto que a estrutura do DNA e a divisão celular são trabalhadas no 1º ano. Dessa forma, fica evidente que os alunos terão dificuldade de entender que a estrutura cromossômica depende, em última análise, da própria estrutura molecular dos ácidos nucléicos e de que a duplicação de um cromossomo durante a divisão da célula reflete a replicação da molécula de DNA e das informações genéticas nela armazenadas.

Além das dificuldades supracitadas, Scheid, Delizoicov e Ferrari (2003) afirmam que outro relevante problema do ensino de Genética reside na veiculação da ideia/visão de Ciência como verdade inquestionável. Esta concepção dificulta o entendimento da natureza da atividade científica e desestimula os estudantes.

A mistificação da Ciência como uma entidade inatingível e inquestionável diminuiria, se pudéssemos contribuir para ampliar a compreensão de sua natureza, proporcionar aquisição de habilidades de estudo e investigação, o engajamento à produção de conhecimento científico e tecnológico e, especialmente, a compreensão das implicações sociais da Ciência (TRIVELATO, 1992).

De acordo com Trivelato (1992), para fazer o ensino de Ciências colaborar na preparação para a cidadania é indispensável que haja a aproximação da Ciência, enquanto produção de um grupo social, do estudante. O conhecimento científico, ainda é visto pelo aluno como algo distanciado dos problemas e das questões da atualidade e fora de seu alcance. Perceber a produção científica ao alcance de sua interpretação e questionamento é fator indispensável para que o educando se sinta em condição de decidir sobre sua utilização ou não, tanto no plano individual como na perspectiva de sua comunidade.

Nesse contexto, mais especificamente no ensino de Genética, é notório que nos últimos anos as questões relativas aos avanços da engenharia genética, formação de organismos geneticamente modificados, clonagem animal, correção de erros congênitos e outros tantos assuntos sociais ligados à Ciência e a Tecnologia têm sido muito frequentes nas situações de sala de aula. Porém, essa situação não é exatamente indicativa de que esteja havendo um tratamento das questões relativas à CTS. Isso significa dizer que, apesar desses temas e assuntos serem vinculados ao ensino de Ciências, o tratamento dado a eles se mantém restrito a uma abordagem informativa, que não contempla o estudo das implicações do uso e aplicação de tais recursos, fato que nos leva acreditar que não está ocorrendo uma preparação adequada dos alunos para a tomada de decisões, ou para o exercício pleno da cidadania, como orienta os estudos CTS (TRIVELATO, 1999).

Em presença dessa necessidade emergente, precisamos construir propostas educacionais que apontem possibilidades para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem nessa área. Por esse motivo, escolhemos a implementação da

*Abordagem CTS* como objeto de estudo da nossa pesquisa, por acreditarmos que suas propostas colaboraram para efetivação de um ensino de Ciências/Biologia de melhor qualidade, contribuindo para a formação de uma sociedade alfabetizada cientificamente e habilitada para exercer sua cidadania.

Ao mesmo tempo, é imprescindível a condução de um maior número de investigações acerca do ensino de Genética nas escolas de Ensino Médio do Brasil, pois, ainda é incipiente o número de publicações relativas a essa subárea do Ensino de Biologia (JUSTINA; RIPPEL, 2003; MELO; CARMO, 2009; GOLDBACH et al., 2009). Do mesmo modo é relevante disponibilizar para a comunidade a leitura, análise e posicionamento crítico resultantes destas pesquisas, bem como reflexões diversas acerca da temática estudada, o que contribui para o enriquecimento substancial do processo de ensino-aprendizagem e propicia progressos no ensino de Ciências.

### **1.3 - História e Filosofia da Ciência no ensino de Ciências: algumas considerações**

Desde a década de 1960, do século passado, a inclusão da perspectiva histórica e filosófica no ensino de Ciências é defendida por muitos pesquisadores da área de Educação em Ciências (MATTHEWS, 1995; CARNEIRO; GASTAL, 2005; SCHEID; DELIZOICOV; FERRARI, 2003; BATISTETI et al., 2007; MARTINS, 2007; SILVA, 2012). Configura-se nessa proposta, a ideia de divulgar não apenas como os cientistas trabalham ou entender os conhecimentos científicos passados, mas, sobretudo, compreender como se dá a construção do conhecimento científico.

Segundo Matthews (1995), a necessidade de incorporar elementos históricos e filosóficos no ensino de Ciências é amplamente apontada pela literatura especializada na área devido à crise do ensino contemporâneo de Ciências, "evidenciada pela evasão de alunos e de professores das salas de aula bem como pelos índices assustadoramente elevados de analfabetismo em Ciências" (MATTHEWS, 1995, p. 165).

Nessa direção, cresce cada dia mais o número de pesquisas em ensino de Ciências e publicações de artigos em revistas especializadas que abordam essa temática (GIL PÉREZ, 1993; MATTHEWS, 1994, 1995; VANNUCCHI, 1996; MARTINS, 1998; MARTINS, 2005, 2007; DUARTE, 2004; SCHEID; DELIZOICOV;

FERRARI, 2003; SILVA, 2012;). Grande parte desses trabalhos evidencia a relevância do papel desempenhado pela História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino e aprendizagem das Ciências, considerando essa proposta como um dos possíveis caminhos para melhorias no ensino de Ciências.

Segundo Martins (2007), a HFC apresenta múltiplas dimensões, como por exemplo, o campo de estudos e pesquisas que buscam construir suas bases teóricas e especificidades e; a dimensão da área do conhecimento que traz profundas implicações para a Didática das Ciências. No nosso caso, abordaremos a segunda dimensão: as implicações da HFC no ensino de Ciências.

De forma mais prática e aplicada, a HFC pode ser abordada tanto como conteúdo das disciplinas científicas, quanto como estratégia didática facilitadora da compreensão de conteúdos científicos.

Queremos destacar que o *Movimento CTS-EC* também defende a necessidade de uma abordagem histórico-filosófica no ensino de Ciências, visto que, uma das suas principais vertentes se concentra na compreensão da natureza da ciência e seu papel na sociedade, o que pressupõe conhecimento sobre filosofia, história e sociologia das ciências e discussões sobre interesses e contexto do desenvolvimento científico e de seus produtos (SANTOS; MORTIMER, 2000).

Na esteira dessas discussões, ainda que de forma incipiente, podemos verificar que as recentes reformas educacionais do Brasil já assinalam a História e Filosofia da Ciência como uma das perspectivas a serem consideradas no Ensino Básico e Superior. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para Ensino Fundamental (PCN) e para o Ensino Médio (PCNEM) e os PCN+ (Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais), introduzem orientações para a contextualização histórico-social do conhecimento científico, o que implica em considerar as contribuições da HFC, como demonstramos a seguir:

A história das Ciências também é fonte importante de conhecimentos na área. A história das ideias científicas e a história das relações do ser humano com seu corpo, com os ambientes e com os recursos naturais devem ter lugar no ensino, para que se possa construir com os alunos uma concepção interativa de Ciência e Tecnologia não-neutras, contextualizada nas relações entre as sociedades humanas e a natureza. A dimensão histórica pode ser introduzida nas séries iniciais na forma de história dos ambientes e das invenções. Também é possível o professor versar sobre a história das ideias científicas, conteúdo que passa a ser abordado com mais profundidade nas séries finais do ensino fundamental (BRASIL, 1997, p. 27).

Nos PCNs do Ensino Médio, os autores destacam que elementos da História e da Filosofia da Biologia tornam possível aos alunos a compreensão de que há uma ampla rede de relações entre a produção científica e o contexto social, econômico e político (BRASIL, 2000, p. 15).

As Diretrizes Curriculares Nacionais também assinalam a HFC como um conhecimento a ser integrado ao currículo dos cursos de licenciatura da área de Ciências da Natureza. É importante ressaltar que, para compreender os conhecimentos das disciplinas oferecidas por essas licenciaturas é necessário uma compreensão histórica e filosófica, o que se constitui em um argumento favorável à presença da HFC no currículo desses cursos.

Não se trata simplesmente da inserção de História, Filosofia e Sociologia da Ciência como mais um elemento do programa das disciplinas científicas, mas, principalmente, de uma incorporação mais abrangente de assuntos relacionados a essa temática na abordagem do currículo e no ensino de Ciências, os quais geralmente incluem o estudo da natureza da Ciência. Esses estudos estão crescendo gradativamente e, “se reconhece que a História, a Filosofia e a Sociologia da Ciência contribuem para uma compreensão maior, mais rica e mais abrangente das questões neles formuladas” (MATTHEWS, 1995, p. 165 - 166)

Segundo Matthews (1995) a implementação da história, filosofia e sociologia da Ciência no ensino de Ciências pode proporcionar melhorias nessa área:

Podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas (MATTHEWS, 1995, p. 165).

Batisteti et al. (2007) e Martins (1998) salientam que a abordagem histórica possibilita a desmistificação da Ciência, ou seja, o entendimento da Ciência não como uma atividade neutra, isenta de interesses, feita por gênios que apresentam ideias acabadas de forma inesperada, mas sim, como uma construção humana, que se modifica ao longo do tempo e que em geral, os conhecimentos científicos, não

são fruto de descobertas pessoais e sim de grupos de pesquisadores que são influenciados pelos métodos e concepções científicas vigentes numa determinada época.

A História da Ciência, inserida na educação científica, poderá oportunizar um caminho de orientação aos alunos na apropriação de uma concepção de Ciência como atividade humana, construída na interação entre o sujeito cognoscente, o objeto a conhecer e o “estado do conhecimento” (FLECK, 1986, apud SCHEID; DELIZOICOV; FERRARI, 2003).

Desse modo, entendemos que inclusão da HFC na construção do conhecimento configura-se como uma ferramenta facilitadora da educação científica, pois possibilita ao aluno a compreensão do aspecto dinâmico do saber científico; apresenta a Ciência como construção humana; promove a compreensão dos conceitos fundamentais da disciplina e auxilia a formação de um espírito crítico dos educandos.

As constatações acima citadas levam também a uma reflexão sobre o processo de formação dos professores de Ciências Biológicas. Muitos pesquisadores afirmam que possivelmente, um dos entraves no processo ensino-aprendizagem está na visão positivista de ciência, ainda muito presente, que impõe uma racionalidade técnica que torna o professor responsável pela detenção de verdades descobertas, que transmite aos seus alunos como prontas, acabadas, inquestionáveis (MATTHEWS, 1995; SANTOS; MORTIMER, 2000; SCHEID; DELIZOICOV; FERRARI, 2003; MARTINS, 2007).

Diante das implicações da HFC para o ensino de Ciências, tornou-se evidente a relevância da dimensão histórica e filosófica na formação de professores de Ciências (VANNUCCHI, 1996; PEREIRA; MARTINS, 2000; DUARTE, 2000). Assim, a HFC também surge como uma necessidade formativa do professor, na medida em que pode contribuir para: evitar visões distorcidas sobre o fazer científico; permitir uma compreensão mais apurada dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino-aprendizagem da Ciência; proporcionar uma intervenção mais qualificada em sala de aula; favorecer uma concepção das Ciências como empresa coletiva e histórica e; facilitar o entendimento das relações da Ciência com a Tecnologia, a cultura e a sociedade (CARNEIRO; GASTAL, 2005).

Os que defendem HFS no ensino de Ciências e na formação de professores advogam em prol de uma abordagem contextualizada, ou seja, uma educação em Ciências, vinculada aos contextos ético, social, histórico, político, filosófico e tecnológico. Um ensino “em” e “sobre” Ciências.

Dessa forma, o estudo da HFC pode auxiliar o futuro professor de ciências a desenvolver um currículo de melhor qualidade; dinamizar e contextualizar os estudos desenvolvidos com os educandos; propiciar o aprendizado significativo de conceitos científicos; aprofundar seu conhecimento da disciplina que vai lecionar; construir concepções mais adequadas sobre a natureza da Ciência e; contribuir eficazmente para a alfabetização científica dos seus estudantes.

Não podemos deixar de mencionar que, nos últimos anos, vários cursos de licenciatura das áreas científicas, passaram a contemplar as discussões da HFC, seja por intermédio de uma disciplina específica que trate do conteúdo histórico e filosófico, seja de um modo mais disperso, em que esses elementos encontram-se presentes nos apontamentos dos conteúdos de outras disciplinas, em seminários etc. Assim, espera-se dar conta, minimamente, dessa necessidade formativa dos professores, com reflexo em suas práticas (MARTINS, 2007).

Enfim, a preparação para um aprendizado contínuo numa sociedade em constantes transformações exige a compreensão do dinamismo dos conhecimentos científicos (KRASILCHICK, 2004). Portanto, orientações desse tipo são vistas como uma possível solução para a crise que afeta o ensino de Ciências e passam a ser valorizados os propósitos voltados para a alfabetização em Ciência, a preparação para a cidadania e as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (TRIVELATO, 1999).

#### **1.4 - Movimento CTS: origens e desdobramentos na Educação em Ciências**

Até meados da década de 60 do século XX, a Ciência era vista como uma atividade neutra, desempenhada apenas por um grupo de especialistas, que trabalhavam desinteressadamente na busca de um conhecimento universal, cujas consequências ou usos inadequados não eram de sua responsabilidade. Era um

período otimista de valorização da Ciência e uma crença ingênua em seus resultados positivos (SANTOS; MORTIMER, 2000).

Como consequência da visão positivista de Ciência e da Tecnologia (CT), consideradas como atividades autônomas, neutras e benfeitoras da humanidade, Santos e Mortimer (2000) assinalam a presença, no imaginário das pessoas, do mito da salvação da humanidade, o que significa dizer que muitas pessoas consideraram que todos os problemas humanos podem ou são solucionados cientificamente. Acreditava-se que o desenvolvimento da CT proporcionaria não somente o saber humano, mas, também o progresso e desenvolvimento social.

Essa ênfase exagerada no caráter prático do uso do conhecimento científico e o extremo valor atribuído ao conhecimento produzido pela Ciência em relação às demais áreas do conhecimento humano pode proporcionar uma distorção na compreensão do verdadeiro significado da mesma, ocultando, sobretudo, os seus reais objetivos. Além disso, o cientificismo, subproduto de uma visão positivista da Ciência, também assume uma função ideológica de dominação do homem sobre o homem, ao considerar como responsabilidade apenas dos especialistas, legitimadores desse poder, as decisões que regem a sociedade (SILVA, 2010; SANTOS; MORTIMER, 2000).

A partir da década de 70, com o agravamento da degradação ambiental e a vinculação do desenvolvimento científico e tecnológico à guerra – Projeto Manhattan (1945), que culminou no desenvolvimento da bomba atômica que devastou Hiroshima e Nagasaki ocasionando milhares de mortes, e a Guerra do Vietnã (1959) - fizeram com que a Ciência e a Tecnologia se tornassem alvo de um posicionamento mais crítico. A sociedade, ou pelo menos alguma parte dela, começou a perceber que o desenvolvimento científico e tecnológico tanto poderia conduzir ao desenvolvimento do bem estar social, como também favorecer o aparecimento de riscos, problemas e prejuízos à população humana (AULLER; BAZZO, 2001).

Em resposta à insatisfação à concepção tradicional da CT e aos problemas políticos, econômicos e ambientais acarretados pelo desenvolvimento científico-tecnológico, surgem vários movimentos de reação acadêmica e social. Tais movimentos passaram a discutir, com diferentes vertentes, as relações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e reivindicar uma tomada de consciência e ação da



população frente às consequências negativas do uso da CT (GARCIA; CEREZO; LUJÁN, 1996; STRIEDER, 2008).

Esses movimentos sociais e acadêmicos também reivindicam um redirecionamento tecnológico, contrapondo-se à ideia de que mais CT vão, necessariamente, resolver problemas ambientais, sociais e econômicos. Postula-se a necessidade de outras formas de tecnologia concretizadas com alguma participação da sociedade. Dessa forma, Ciência e Tecnologia passaram a ser objeto de debate político (AULLER; BAZZO, 2001).

Aliado a isso, as publicações das obras “*Silent spring*” (Primavera Silenciosa) da bióloga Rachel Carson e “*A estrutura das revoluções científicas*” do historiador e filósofo da Ciência Thomas Kuhn, ambas publicadas em 1962, também teriam sido marcantes para ação e reflexão do *Movimento CTS*: a primeira, ao abordar questões relativas aos riscos associados ao uso indiscriminado de inseticidas químicos como o DDT<sup>4</sup>, alimentou a reação dos movimentos sociais, principalmente ecologistas, pacifistas e da contracultura, contribuindo de várias maneiras para a criação dos movimentos ambientalistas e; a segunda, ao considerar novos enfoques para atividade científica, contrapostos à concepção tradicional, desencadeia um novo ímpeto de reflexões acadêmicas no campo da História e Filosofia das Ciências (STRIEDER, 2008; MITCHAM, 1989 apud LINSINGEN, 2007).

Essas obras potencializaram as discussões sobre os impactos das interações CTS em âmbito global. Elas contribuíram significativamente para a tomada de consciência, por parcelas cada vez mais amplas da população humana, em relação aos problemas ambientais, éticos e de qualidade de vida desencadeados pelo progresso científico-tecnológico (STRIEDER, 2008; AULLER; BAZZO, 2001).

Auller e Bazzo (2001), amparados por Garcia, Cerezo e Luján (1996), também destacam os dois aspectos supracitados como sendo desencadeadores de uma

---

<sup>4</sup> Dicloro-Difenil-Tricloroetano: inseticida largamente utilizado na agricultura após a segunda guerra mundial para o controle de insetos, pragas, doenças e fungos. A utilização de pesticidas e fertilizantes químicos nessa época produziu uma verdadeira revolução agrícola, incrementando naturalmente a produção num período em que houve um notável crescimento da população mundial. O excessivo uso desses produtos se constituiu numa ameaça para a saúde humana e ao meio ambiente, provocando desde malformações congênitas até cancro, e sendo autênticos venenos para peixes, mamíferos e pássaros (CACHAPUZ, et al., 2005).

politização sobre Ciência e Tecnologia. Orientam a emergência de um questionamento sobre a gestão tecnocrática de assuntos sociais, políticos e econômicos, denunciando as consequências negativas da CT sobre a sociedade.

Diante dessa nova visão da CT, começa a surgir um fenômeno de mudança, em determinadas sociedades, em relação à compreensão da CT na vida das pessoas. Essa nova mentalidade da CT contribuiu para que se passasse a questionar e discutir o modelo linear tradicional do progresso, consenso prevalente até a década de 1960 do século passado, no qual o desenvolvimento científico (DC) geraria o desenvolvimento tecnológico (DT), este geraria o desenvolvimento econômico (DE) que determinaria por sua vez, o desenvolvimento social (DS - bem-estar social). Essa ideia pode ser representada esquematicamente da seguinte forma: DC → DT → DE → DS - modelo tradicional/linear do progresso (AULER; BAZZO, 2001).

Esse modelo representa uma visão comum que a população sustenta sobre como a Ciência se desenvolve linearmente, interferindo na sociedade. Em síntese, o modelo aponta para o desenvolvimento científico como base para a promoção social, o que significa dizer que, mais desenvolvimento científico resultaria em mais bem estar social.

Após esse momento inicial de apreciações e críticas sobre a utilização, avanços e implicações da Ciência e Tecnologia, passou-se a defender algum controle da sociedade sobre a atividade científico-tecnológica.

Nesse contexto, nos chamados países capitalistas centrais (Estados Unidos, Inglaterra, Canadá, Holanda, Austrália e países da Europa), emerge, por meio de ações acadêmicas e sociais, o *Movimento CTS*, trazendo como um dos seus objetivos centrais a reivindicação de decisões mais democráticas e menos tecnocráticas em assuntos relacionados ao uso da CT (SANTOS; MORTIMER, 2000).

As primeiras ações do campo educacional, orientadas em prol de maior participação social em assuntos relacionados à CT, tiveram início, segundo Aikenhead (2003), durante a concretização do simpósio internacional *Organization for Science and Technology Education* (IOEST), em Nottingham, no ano 1982, quando foi realizada uma reunião informal, com a presença de educadores da Austrália, Canadá, Itália, Holanda e Inglaterra. Nesta reunião, ficou explícito que todos os participantes estavam empenhados na construção de novos currículos científicos,

pois era consenso entre eles a necessidade de se promover a alfabetização científica dos educandos. Assim, ainda neste evento, foi criado um grupo especial com o lema “CTS”.

Como reação de natureza acadêmica mais específica, Strieder (2008) cita a preocupação em instruir os estudantes, primeiramente dos cursos de Ciências e Engenharia, sobre as reais implicações sociais do seu trabalho. Este fato acarretou em mudanças no enfoque das disciplinas oferecidas nesses cursos. Posteriormente, aderindo a estes novos discursos, os cursos das áreas de Ciências Humanas e Sociais passaram a interpretar a CT como processos sociais, carregados de valores, na tentativa de abandonar a visão tradicional, apolítica e ahistórica da Ciência.

Da mesma forma, algumas instituições de ensino superior, no final da década de 1960, passaram a elaborar programas universitários de caráter interdisciplinar. Estes foram construídos com intuito de expandir e aprofundar a compreensão sobre o trabalho científico e tecnológico, conhecer os impactos sociais e ambientais causados por esse trabalho e buscar melhores maneiras de controlá-los. Destaca-se a Universidade de Cornell e a Universidade do Estado da Pensilvânia, nos Estados Unidos, como pioneiras a desenvolver tais projetos.

Segundo Garcia, Cerezo e Luján (1996), a origem dos estudos CTS pode ser dividida em duas tradições: i) tradição europeia ou acadêmica e; ii) tradição americana ou social.

A tradição acadêmica (europeia), representada por cientistas, sociólogos, engenheiros e humanistas, possuía como objetivo avaliar as implicações do desenvolvimento científico-tecnológico sobre a sociedade. Esta tradição dava ênfase maior na Ciência como processo.

Já a tradição social (americana), formada por grupos pacifistas, ativistas dos direitos humanos e associações de consumidores, preocupava-se com os efeitos da Ciência e Tecnologia no âmbito social e ambiental. Essa tradição dava ênfase maior na tecnologia, vista como um produto capaz de influenciar a estrutura e a dinâmica da sociedade. Tais preocupações proporcionaram a concepção da *Fundação do Greenpeace* e da *Environmental Protection Agency* (EPA - Agência de Proteção Ambiental), sendo essa última criada pelo governo dos Estados Unidos com a

finalidade de avaliar impactos ambientais causados pelos projetos tecnológicos de responsabilidade do Governo Federal.

Para Garcia, Cerezo e Luján (1996) essa divisão já estaria superada, pois os estudos em CTS abarcam uma diversidade de programas filosóficos, sociológicos e históricos, sublinhando a dimensão social da Ciência e Tecnologia e comungando núcleos em comum como, por exemplo: o rechaço da imagem da Ciência como atividade pura e neutra; crítica à Tecnologia como Ciência aplicada e neutra; e a defesa da promoção da participação pública nas tomadas de decisões sobre questões sociocientíficas.

Na América Latina, de acordo com Linsingen (2007), “a origem do *Movimento CTS* se encontra na reflexão da Ciência e da Tecnologia como uma competência das políticas públicas” (LINSINGEN, 2007, p. 7). Segundo o referido autor, mesmo não sendo parte de uma comunidade explicitamente identificada como CTS, isso se configurou como um pensamento latino-americano em política científica e tecnológica, recebendo a denominação de Pensamento Latino Americano de Ciência, Tecnologia e Sociedade (PLACTS), por não ser considerada como parte de uma comunidade explicitamente CTS (LINSINGEN, 2007).

O PLACTS surgiu em meados da década de 60 do século XX, conferindo a importância das políticas científicas e tecnológicas como proponentes de mudanças econômicas e sociais. Os trabalhos desenvolvidos nesses estudos, escritos principalmente por cientistas e engenheiros, estavam focados no desenvolvimento local do conhecimento científico e tecnológico, de modo a satisfazer as necessidades da região.

Em consonância com os estudos norte americanos e europeus, o PLACTS concebia a CT como processos sociais dotados de características específicas e dependentes do contexto em que se inserem, obedecendo a perspectiva CTS da não-neutralidade e da não-universalidade da Ciência. Dessa compreensão, e considerando a tentativa de produzir um conhecimento científico local, os países em desenvolvimento vivenciam o que foi entendido como um paradoxo: ao mesmo tempo, tentam produzir conhecimento científico local e são dependentes do conhecimento científico-tecnológico produzido pelos países industrializados (LINSINGEN, 2007).

Para Dagnino e Dias (2007) a formação do PLACTS se deu por dois fatores principais: i) movimentos sociais da época: manifestações pelos direitos civis e pela preservação do meio ambiente, críticas ao excessivo consumismo, movimentos contra as mudanças no trabalho devido à automação das fábricas, etc.); ii) descontentamento por parte da comunidade de pesquisa contrariados com as recomendações políticas empregadas por organismos internacionais como a *Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura* (UNESCO), *Banco Interamericano de Desenvolvimento* (BID) e *Organização dos Estados Americanos* (OEA); todas apresentando estreita relação com a visão linear tradicional do progresso já mencionada em páginas anteriores.

Numa visão geral, Santos (2007; 2008) salienta que todos os movimentos das décadas de 1970 e 1980, centraram-se não somente nos impactos causados pelo desenvolvimento científico-tecnológico na sociedade, como também nas consequências ambientais desse avanço, razão pela qual, alguns pesquisadores adotaram a sigla CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente) que acrescenta o ambiente como mais um foco de análise nas inter-relações da tríade CTS. Nesse sentido, ressalta-se a *Conferência de Estocolmo*, realizada em 1970, com a determinação das normas fundamentais de uma legislação internacional do meio ambiente, a qual discorreu desde a produção das armas nucleares até a exploração dos recursos naturais.

Auler (2002) afirma que os estudos CTS são ações consecutivas de uma época que anseia por uma influência social e política mais sólida e deliberada sobre a Ciência e a Tecnologia. A origem do *Movimento CTS* está vinculada ao questionamento do modelo de decisão tecnocrático, requerendo uma sociedade participe no direcionamento das atividades científico-tecnológicas.

Conforme Garcia, Cerezo, Luján (1996) e Bazzo (2003) os estudos e programas CTS, desde seu início, seguiram três diferentes direções que se relacionam e influenciam-se:

- 1) **No campo da pesquisa ou campo acadêmico:** promovendo uma reflexão sobre a visão tradicional da Ciência e Tecnologia, centrando-se numa análise da atividade científica mais conceitual e contextualizada;

- 2) **No campo das políticas públicas:** defendendo uma sociedade participante das decisões referentes a questões de políticas científico-tecnológicas, possuindo uma natureza mais prática e política e focando-se nas consequências sociais do desenvolvimento da Ciência e Tecnologia;
- 3) **No campo da educação:** favorecendo um ensino de Ciências mais crítico e contextualizado, por meio da introdução de programas e disciplinas CTS no ensino médio e universitário, proporcionando uma ativa participação social em assuntos relacionados ao desenvolvimento científico-tecnológico.

Como mencionado, a mudança cultural em curso, a “politização” da Ciência e Tecnologia e o *Movimento CTS*, também repercutiram na proposição de desdobramentos curriculares nos ensinos superior e secundário, antes voltados apenas para a preparação de cientistas, passaram a incorporar a educação científica como um dos seus objetivos. Dessa forma a “educação científica logo se tornou um grande *slogan*, surgindo um movimento mundial em defesa da educação científica e tecnológica” (SANTOS, 2007, p. 474).

Santos e Mortimer (2000) explicitam que os trabalhos curriculares surgiram como consequência da necessidade de formar o cidadão em Ciência e Tecnologia, o que não vinha sendo atingido adequadamente pelo ensino tradicional de Ciências. Estes currículos foram desenvolvidos primeiramente na Europa, Estados Unidos, Canadá e Austrália, países industrializados em que havia necessidade urgente quanto a transformações na educação científica e tecnológica.

Na continuidade do texto, abordaremos um breve histórico sobre a implementação dos estudos CTS no campo educacional e como tais propostas vem influenciando o ensino de ciências do Brasil.

#### **1.4.1 - Movimento CTS no campo educacional: do mundo para o Brasil**

O *enfoque CTS* emergiu no contexto escolar no final dos anos 70 e início dos 80, do século XX, no momento em que se desenvolvia um consenso entre os educadores da área de Ciências em relação à necessidade de inovações na educação científica. Esse movimento parece que se encaminhou pela necessidade de uma educação

política para ação, buscando por abordagens interdisciplinares, numa educação científica organizada em torno de problemas amplos, reavaliação da cultura ocidental e do papel da Ciência escolar na sua transformação (AIKENHEAD, 2003).

A proposição de novos currículos para o ensino de Ciências que buscassem incorporar conteúdos de CTS, ocorreu inicialmente nos países do chamado Primeiro Mundo, com destaque para Inglaterra, EUA, Canadá, Holanda e Austrália, que desenvolveram projetos de grande relevância nessa área (SANTOS, 2008).

Galegher, no ano de 1971, em artigo publicado na revista *Science Education*, sugeriu um novo objetivo para o ensino de Ciências. Ele defendia que a compreensão das inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade poderia ser tão importante para os cidadãos de uma sociedade democrática, quanto à compreensão dos conteúdos e processos da Ciência (AIKENHEAD, 2003).

Já Hurd, em 1975, publicou na revista *The Science Teacher*, o artigo intitulado “Science, technology, and society: new goals for interdisciplinary”, que por meio de algumas metas traçadas, descrevia uma estrutura de currículo para o ensino de Ciências que contemplava interações entre a Ciência, Tecnologia e a Sociedade (AIKENHEAD, 2003).

A realização do *Projeto Synthesis*, no ano de 1977, que possuía como objetivo delinear um panorama da educação em Ciências em escolas de todos os Estados Unidos foi considerado como um grande incentivo à criação de currículos com interações CTS.

Para desenhar o cenário almejado pelo supracitado projeto foram realizadas análises de diversos fatores, tais como: percepções dos professores e administradores de escolas sobre o ensino de Ciências; observações em aulas e; artigos publicados em periódicos da área de ensino de Ciências e em livros didáticos. Essa análise buscou conhecer se os quatro objetivos propostos para o ensino de Ciências da época estavam sendo contemplados: i) Ciência para a necessidade social; ii) Ciência para resolver questões sociais; iii) Ciência para ajudar na escolha da carreira e; iv) Ciência para formar cientistas. O relatório final dessa análise concluiu que a educação em Ciências contribuía somente para a formação de cientistas, fato que levou os pesquisadores a defender a necessidade de se alcançar as três primeiras metas,

trilhando caminhos na direção de um ensino voltado para as relações entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade (CRUZ, 2001).

É válido salientar que em Budapeste, na Hungria, criou-se no ano de 1999, sob o amparo da UNESCO e do *Conselho Internacional da Ciência (ICSU)*, a *Declaração sobre Ciências e a Utilização do Conhecimento Científico*, conhecida também como a *Declaração de Budapeste*. Esse documento, juntamente com as decisões conquistadas na *Conferência Mundial sobre Ciência*, recomenda a criação de novos currículos, metodologias de ensino e novos recursos que levem em conta o gênero e a diversidade cultural (UNESCO, 2003).

Segundo Roberts (1991), citado por Santos e Mortimer (2000), esses novos currículos e pesquisas com ênfase CTS, deveriam contemplar dentre outros aspectos, os seguintes fatores: a apresentação e inclusão de conhecimentos e habilidades científicos e tecnológicos em um contexto pessoal e social; a ampliação dos processos de investigação de modo a incluir a tomada de decisão e, por fim; a execução projetos CTS no sistema educacional.

Hofstein, Aikenhead e Riquarts (1988) citam que o ensino via CTS pode ser caracterizado como o ensino dos conteúdos de Ciências no contexto autêntico do seu meio tecnológico e social, no qual os educandos integrem o conhecimento científico com a tecnologia e o mundo social de suas experiências diárias. Em suma, significa uma integração entre educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados conjuntamente com seus aspectos históricos, éticos, políticos, econômicos e sociais.

Diante do exposto, intensificaram-se, em diversos países, pesquisas relacionadas às temáticas CTS na sua relação com o ensino de Ciências, destacando a publicação de livros e vários artigos científicos em periódicos da área de Ensino de Ciências (SANTOS, 2008; SOLOMON, 1993; YAGER, 1992; AIKENHEAD, 1994).

Em se tratando da evolução do *Movimento CTS*, Aikenhead (2003) ressalta que, assim como outras propostas que visam modificar o ensino de Ciências, o enfoque CTS também sofreu e sofrerá mudanças ao longo dos anos, conforme seus defensores desenvolvam sua própria compreensão sobre essa área e se adaptem ao contexto da cultura local, distanciando-se de percepções estereotipadas ou lemas passados (AIKENHEAD, 2003; STRIEDER, 2008).



Considerando essa multiplicidade, os trabalhos CTS são alvo de muitas críticas, sendo relevante descrever sistematicamente os diversos significados que eles abarcam. Geralmente, apesar dos diferentes trabalhos CTS convergirem na defesa da necessidade de uma reformulação no ensino de Ciências, no sentido de educar para a cidadania, cada país tem suas peculiaridades, sua própria história, seu contexto social próprio, contribuindo para que as relações entre a Ciência e Sociedade assumam diferentes características. Nesse sentido, a maioria das vezes, pode não haver um significado único sobre o conteúdo CTS aceito em todas as partes do mundo.

Amparada por Aikenhead (1994) e Santos (2007), Strieder (2008) sintetiza essa variedade de conceitos CTS afirmando que os trabalhos CTS englobam interações entre Ciência e Tecnologia ou entre a Ciência e a Sociedade.

Ainda considerando tal diversidade, Santos (2007) afirma que há uma vasta gama de tendências e de correspondentes modalidades curriculares. Essas estão relacionadas à valorização atribuídas à Ciência, à Tecnologia ou à sociedade, podendo ser classificadas em três categorias descritas a seguir:

- i) Abordagem Cts - nessa tendência há maior ênfase nos estudos sobre a natureza e a história da Ciência, sendo a Tecnologia utilizada para ilustrar as aplicações da Ciência e demonstrar o seu valor prático. Esta perspectiva possui como objetivo principal melhorar a eficácia das aprendizagens científicas, entretanto pode transmitir uma ideia de Tecnologia como Ciência aplicada. Sua maior contribuição está no desenvolvimento da consciência dos educandos sobre as implicações do uso e dos avanços tecnológicos sobre a sua vida e a sociedade;
- ii) Abordagem cTs - nessa abordagem ocorre uma valorização da Tecnologia e do uso do conhecimento prático para interligar a Ciência e a Tecnologia. Para a autora essa tendência pode conduzir a dependência sistemática da Ciência em relação à Tecnologia e um regresso ao ensino desenvolvido em décadas passadas que primava pela produção industrial de cidadãos e a formação empresarial de trabalhadores;
- iii) Abordagem ctS - aqui a Ciência é estudada em conjunto com as análises e discussões feitas pelos estudantes sobre as questões sociais, culturais e de

valores. A Ciência e a Tecnologia são utilizadas como instrumentos para compreender os problemas sociais, o que contribui para o desenvolvimento de discussões sobre a natureza da Ciência e a preparação dos educandos para a tomada de decisão.

É importante ressaltar que, apesar da ocorrência de diferentes tendências educacionais, elas se relacionam, pois possuem como objetivo comum interligar o desenvolvimento científico e tecnológico à sociedade.

No Brasil, as discussões sobre educação científica tiveram seu início a partir das décadas de 60-70 do século passado. Com a ocorrência do processo de industrialização e o início da guerra fria, começou-se a pensar em uma democratização do ensino, pois se acreditava que para conviver com os artigos da Ciência e da Tecnologia seria necessário exigir algum tipo de conhecimento mais sistematizado nessas temáticas (AMORIM, 1995; SILVA, 2010).

O processo de industrialização pelo qual o país estava passando exigia a preparação de alunos mais aptos para impulsionar o progresso da Ciência e da Tecnologia. Aliado a isso, a falta de matéria-prima e produtos industrializados durante a 2ª Guerra Mundial e no período pós-guerra, incitou a sociedade brasileira a buscar superar a dependência dos países desenvolvidos e se tornar autossuficiente, para o que uma Ciência autóctone seria fundamental (KRASILCHIK, 2000).

Nesse período, buscava-se a modernidade e o desenvolvimento do país, sendo embutido um papel primordial à educação. Nesse sentido, a educação científica passou a ser considerada como uma das dimensões fundamentais para o desenvolvimento científico e econômico do país (AMORIM, 1995; SILVA, 2010).

Diante desse contexto, algumas mudanças foram realizadas nos currículos das disciplinas científicas. Tais mudanças implicaram alterações no ensino de Ciências, passando-se a vincular o processo intelectual à investigação científica, quando, até então, o que se ressaltava era a observação para a constatação de fatos e a manipulação de equipamentos científicos e tecnológicos. As mudanças sugeriam a valorização da participação do aluno na elaboração de hipóteses, identificação de problemas, análise de variáveis, planificação de experimentos e aplicação de resultados obtidos, ou seja, mais importante do que aprender os significados dos conceitos científicos seria aprender as etapas do método científico (KRASILCHIK,

1987; SILVA, 2010). Assim surgiram vários projetos voltados para a formação de futuros cientistas, isto é, para despertar as chamadas vocações científicas.

Mas apesar das modificações ocorridas no ensino de Ciências, dos investimentos no aperfeiçoamento dos recursos humanos e introdução do método experimental, não houve alteração significativa da qualidade do ensino, que não perdeu as suas raízes tradicionalistas.

Dessa forma, algumas medidas foram planejadas, visando à melhoria da educação científica. Nesse sentido, podemos citar a promulgação da Lei nº. 5.692 de 1971, que estabelecia tanto mudanças em vários aspectos da escola secundária, como também nos objetivos educacionais, antes voltados para a formação do futuro cientista (AMORIM, 1995). Passou-se a focar atenção na formação do trabalhador para responder aos anseios do desenvolvimento econômico do país. Assim, são acrescentadas as disciplinas profissionalizantes no currículo para atender a formação técnica e habilidades profissionais exigidas pela sociedade daquela época (KRASILCHIK, 1987).

Ao mesmo tempo, o Estado brasileiro intensificou a promoção e incentivo do desenvolvimento científico, da pesquisa e da capacitação tecnológica. A pesquisa tecnológica volta a ser considerada preponderante para a solução dos problemas brasileiros e para o desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional (BRASIL, 1998).

Assim, no final da década de 80, os currículos de Ciências no Brasil, começaram a incorporar as discussões sobre CTS, quando se reivindicava um ensino de Ciências que contribuísse para a compreensão e uso da Tecnologia e para a consolidação da democracia (STRIEDER, 2008).

No ano de 1990, é organizada pelo Ministério da Educação em Brasília, a “Conferência Internacional sobre Ensino de Ciências para o século XXI: ACT - Alfabetização em Ciência e Tecnologia”, na qual foram apresentados vários trabalhos do movimento internacional CTS no ensino de Ciências. Este evento pode ser considerado um momento histórico para a difusão das discussões sobre a abordagem CTS no país (SANTOS, 2008).

Santos (2008) também afirma que somente a partir da década de 1990 começam a surgir pesquisas e estudos envolvendo a temática CTS no ensino de

Ciências. O autor destaca como pioneiros os trabalhos de Santos (1992), Trivelato (1993), Amorim (1995), Cruz (2001), Auler (2002) e Koepsel (2003).

Quanto aos documentos oficiais, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (1996), em seu artigo 22, estabelece como finalidade para a educação básica (ensino infantil, fundamental e médio), a formação comum indispensável para o exercício da cidadania.

Na mesma direção, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), explicitam que o panorama moderno “exige que a escola possibilite aos alunos integrarem-se ao mundo contemporâneo nas dimensões fundamentais da cidadania e do trabalho” (BRASIL, 1999, p. 13). Tais orientações surgem em prol das necessidades sociais, decorrentes das transformações que ocorreram no Brasil, em função da consolidação do regime democrático, da imersão de novas tecnologias e demais mudanças que impactam o cenário atual. Dessa forma, são incorporadas recomendações legais sobre as relações CTS nos currículos brasileiros.

Como diretrizes para o Ensino de Ciências e suas Tecnologias, o PCN apontam "a promoção de competências e habilidades que sirvam para o exercício de intervenções e julgamentos práticos, no âmbito do contexto social” (STRIEDER, 2008, p. 27). Segundo Strieder (2008) esse aspecto envolve, por exemplo, o entendimento de equipamentos e de procedimentos técnicos, a obtenção e análise de informações, a avaliação de riscos e benefícios em processos tecnológicos, e a tomada de decisões, com um significado amplo para a cidadania e para a vida profissional.

Quando examinamos os objetivos propostos pela LDB e configurados nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), encontramos, ainda que não explicitamente, pontos de contato com as proposições do enfoque CTS. Por exemplo, percebe-se a relevância em aproximar o aluno da interação com a Ciência e a Tecnologia e com todas as dimensões da sociedade. Assim consideram-se suas relações recíprocas, oportunizando ao educando uma concepção ampla e social do contexto científico-tecnológico.

Para Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007), nesse processo:

A relação educando/sujeito deixa seu *status* de cognoscente, que se relaciona com objetos, e passa a estabelecer novas relações intersubjetivas para a construção de um entendimento e, por conseguinte, de um conhecimento científico, que inclui a reação, reelaborando-o, ampliando-o, criando possibilidades de ação (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007, p. 80).

Apesar das recomendações legais sobre as relações CTS nos currículos brasileiros, Auler (2007) afirma que repercussões do *Movimento CTS* no campo educacional brasileiro ainda são incipientes, não traduzidas em programas institucionais. Em relação à compreensão dos objetivos, conteúdos, abrangências e modalidades de implementação do enfoque CTS, o autor afirma que são bastante elásticos.

Como objetivos da educação CTS, alguns autores como Auler (2007), Santos (2007), Teixeira (2003a, 2003b) e Aikenhead (2003) destacam: promover o interesse dos estudantes em relacionar a Ciência com aspectos tecnológicos e sociais, discutir as implicações sociais e éticas relacionadas ao uso da CT, adquirir uma compreensão da natureza da Ciência e do trabalho científico, formar cidadãos científica e tecnologicamente alfabetizados, capazes de tomar decisões informadas e desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual.

Ainda sobre as repercussões do enfoque CTS no campo educacional, Strieder (2012) afirma que a proposta de uma abordagem de ensino que contemple discussões sobre as interações Ciência - Tecnologia - Sociedade (CTS) vem ganhando cada vez mais interesse e destaque na educação científica no Brasil. Aliado a isso, também cresceram as pesquisas sobre esse tema.

Para ratificar tal afirmação, Strieder (2008) desenvolveu um significativo trabalho: realizou um levantamento de trabalhos CTS apresentados nos anais dos seis primeiros Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPECs), evento representativo na área de Ensino de Ciências no Brasil.

Como resultado dessa análise, obteve 77 trabalhos que discutem as relações CTS em diversas dimensões. Segundo ela os trabalhos analisados restringiram-se àqueles em que os próprios autores mencionaram explicitamente a abordagem CTS e/ou CTSA, o que, segundo a mesma, “expressa e confirma a significativa expansão dessa tendência, em termos absolutos, com uma produção que passa de 03 para 29 trabalhos” (STRIEDER, 2012, p. 33).

Numa visão geral, esse mapeamento demonstrou que é considerável a preocupação com as práticas de sala de aula (42% dos trabalhos) e com o levantamento de compreensões de professores e estudantes sobre CTS (29% dos

trabalhos). A autora também detecta um esforço teórico crítico significativo, que se expressa pelo número dos trabalhos (19%) caracterizados como de natureza teórica.

Em se tratando das pesquisas que envolvem as práticas de sala de aula, objeto de pesquisa do nosso trabalho de dissertação, a autora relatou que há uma atenção em mapear os temas/assuntos, níveis de escolaridade, disciplinas envolvidas, organização curricular, atividades desenvolvidas e dificuldades encontradas. Percebe-se que as práticas de sala de aula relacionam-se, ainda que implicitamente, às perspectivas CTS e aos pressupostos educacionais e podem ser entendidas como resultado de uma articulação entre ambos (STRIEDER, 2012).

Como resultado geral desse estudo, a autora relata que foi possível constatar que algumas das propostas implementadas como CTS, se distanciam dos princípios dos estudos em CTS que possuem uma raiz mais filosófica e sociológica. Em virtude disso, entende-se ser necessária uma maior sistematização da abordagem CTS no contexto educacional. Também se faz necessário buscar um panorama conceitual mais preciso, com elementos mais delineados para esse campo, e que se realizem análises de como a *Abordagem CTS* vem sendo implementada no contexto escolar, pois poucos estudos exploram este aspecto (STRIEDER, 2012).

Em complementação a essa pesquisa, a supracitada autora realizou um estudo do tipo estado da arte sobre os trabalhos que também desenvolveram o estado da arte sobre CTS no contexto educacional brasileiro e que foram publicados em anais de congressos e em periódicos da área de Ensino de Ciências. Segundo ela, foram consultados os trabalhos sobre o estado da arte em CTS/CTSA ocorridos entre os anos de 2000 e 2009 dos seguintes periódicos e eventos: *Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência & Educação, Ensaio, Investigações em Ensino de Ciências, Ciência & Ensino, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Alexandria, ENPEC (Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências), EPEF (Encontro de Pesquisa em Ensino de Física), SNEF (Simpósio Nacional de Ensino de Física) e Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias.*

Como resultado total da análise, Strieder (2012) encontrou 11 trabalhos com discussões CTS, sendo todos publicados nos dois últimos anos investigados (2008 - 2009). Esse fato pode estar vinculado a uma preocupação recente dos pesquisadores,

possivelmente influenciados pelo crescimento da linha de pesquisa e pelo aumento de sua diversidade.

As pesquisas analisadas apresentaram diferentes intenções e perspectivas de análise. Segundo a autora, as intenções de pesquisa estão relacionadas à: i) traçar prioridades futuras; ii) compreender as diferentes propostas e/ou tendências, iii) compartilhar resultados e, iv) subsidiar as práticas docentes. As perspectivas de análise envolvem considerações sobre: i) a natureza das investigações; ii) os pressupostos do Enfoque CTS; e iii) as práticas de sala de aula. Em suma, pode-se supor que as abordagens CTS podem ser caracterizadas a partir de duas questões que envolvem: (i) a natureza das discussões sobre as relações CTS; e ii) as diferentes perspectivas educacionais envolvidas (STRIEDER, 2012).

Considerando outros trabalhos que analisam o enfoque CTS no campo educacional, destacamos o de Hunsche, et al. (2009) que, ao analisarem artigos de periódicos da área da Educação em Ciências do Brasil, apontaram que a perspectiva de educação CTS pode contribuir para superar algumas deficiências do ensino de Ciências.

Nesse sentido, as pesquisas de Hunsche et al. (2009) em consonância com o levantamento realizado por Strieder (2012), ressaltam a necessidade de realizarmos mais pesquisas que analisem e reflitam sobre as efetivas propostas de implementação CTS no contexto de situações concretas de ensino-aprendizagem.

O que defendemos aqui é a necessidade de identificar as possibilidades e potencialidades dos trabalhos sobre a Abordagem CTS, não somente no sentido de acompanhar tendências e localizar prioridades de pesquisa, mas, sobretudo, como condição necessária para o encaminhamento de novas práticas.

Como apontado por Cachapuz et al. (2005) a análise da evolução das linhas de pesquisa em educação em Ciências, além de traduzir o foco de interesse da comunidade científica, também permite fazermos um exercício de reflexão útil no sentido de identificar problemas e prioridades num sentido estrategicamente relevante para o desenvolvimento da área.

Como evidenciado anteriormente, nos últimos anos, é crescente o interesse e as preocupações com as abordagens CTS. Também é notório que os trabalhos de ensino apoiados em investigações de fundo epistêmico e histórico de temáticas de

Ciência e Tecnologia, como os estudos CTS, bem como nas dimensões problematizadoras, dialógicas e colaborativas dos processos educativos e das trocas do saber, contribuem para redirecionar o eixo prevalente no ensino de Ciências, de veiculação/transmissão de informação com algum conhecimento, em favor de uma alfabetização mais crítica em Ciência e Tecnologia, comprometida e de relevância social e, significativa para ampliar as condições para o exercício da cidadania.

#### **1.4.2 - Implementação das propostas CTS no contexto educacional**

Como apresentado, não há um discurso consensual em relação aos objetivos, conteúdos e modalidades de implementação do enfoque CTS nas intervenções curriculares, fato que contribui para o surgimento e desenvolvimento de diferentes propostas de implementação do enfoque CTS no campo educacional.

Nesse sentido, podemos encontrar uma ampla gama de possibilidades de intervenções pautadas no enfoque CTS, desde aquelas que enfocam as interações CTS apenas como ferramenta de motivação, até aquelas que postulam ser essencial a compreensão dessas interações, utilizando secundariamente os conhecimentos científicos (SANTOS; MORTIMER, 2000; AULER, 2007; STRIEDER, 2008).

Dentro dessa discussão Garcia, Cerezo e Luján (1996) identificam três modalidades de implementação:

**(i) Enxertos CTS:** Temas CTS são introduzidos nos currículos de disciplinas científicas sem que ocorram modificações na maneira habitual com que a Ciência é apresentada, ou seja, não há alterações no currículo tradicional, ocorrendo apenas acréscimos de temas CTS (PINHEIRO, SILVEIRA, BAZZO, 2007; NASCIMENTO, LINSINGEN, 2007; STRIEDER, 2008). Podem-se mencionar conteúdos CTS para tornar mais interessantes ou complementar os temas puramente científicos (AULER, 1998).

**(ii) Ciência e Tecnologia por meio de CTS:** Estrutura-se o conteúdo científico por meio de interações CTS. Essa estruturação pode ocorrer numa única disciplina ou por



meio de trabalhos multidisciplinares ou interdisciplinares (PINHEIRO, SILVEIRA, BAZZO, 2007; NASCIMENTO, LINSINGEN, 2007; STRIEDER, 2008).

**(iii) Programas CTS puros:** Nesses programas, o conhecimento científico desempenha um papel secundário, usado apenas para as explicações dos conteúdos CTS (PINHEIRO, SILVEIRA, BAZZO, 2007; NASCIMENTO, LINSINGEN, 2007; STRIEDER, 2008). Segundo Strieder (2008), em alguns casos o conteúdo científico é abarcado para enriquecer a explicação dos conteúdos CTS; em outros as referências aos temas científicos ou tecnológicos são mencionadas, mas não explicadas.

Cabe ressaltar que nessas três categorias, o professor é o grande articulador para garantir a mobilização dos saberes, o desenvolvimento do processo e a realização de projetos, os quais favorecem o desenvolvimento das condições intelectuais, emocionais e contextuais dos educandos.

Ainda sobre a classificação das possíveis aplicações do enfoque CTS nas aulas, Aikenhead (1994) apud Santos e Mortimer (2000), classificou-as em função da "prioridade que tem sido atribuída para cada um dos objetivos gerais de CTS e da proporção entre o conteúdo de CTS e o conteúdo puro de ciências" (SANTOS; MORTIMER, 2000, p. 14). À medida que se avança nas categorias, aumenta a presença de conteúdos CTS em relação à presença do conteúdo puro de Ciências. Assim, a categoria 1 (quadro abaixo) corresponderia a 0% de conteúdos CTS e a categoria 8 a 100%.

**Quadro 1 - Categorias de ensino CTS. Fonte: Aikenhead (1994) apud Santos e Mortimer (2000, p. 15).**

<b>Categorias</b>	<b>Descrição</b>	<b>Exemplos</b>
1. Conteúdo CTS como elemento de motivação	Ensino tradicional de Ciências acrescido da menção ao conteúdo de CTS com a função de tornar as aulas mais interessantes	O que muitos professores fazem para "dourar a pílula" de cursos puramente conceituais
2. Incorporação eventual do conteúdo de CTS ao conteúdo programático.	Ensino tradicional de Ciências acrescido de pequenos estudos de conteúdo de CTS incorporados como apêndices aos tópicos de Ciências. O conteúdo de CTS não é resultado do uso de temas unificadores.	Science and Technology in society (SATIS, UK), Consumer Science (EUA), Values in School Science (EUA).

3. Incorporação sistemática do conteúdo de CTS ao conteúdo programático.	Ensino tradicional de Ciências acrescido de uma série de pequenos estudos de conteúdo de CTS integrados aos tópicos de ciências, com a função de explorar sistematicamente o conteúdo de CTS. Esses conteúdos formam temas unificadores.	Harvard Project Physics (EUA), Science and Social Issues (EUA), Nelson Chemistry (Canadá), Interactive Teaching Units for Chemistry (UK), Science, Technology and Society, Block J. (EUA). Three SATIS 16-19 modules (What is Science? What is Technology? How Does Society decide? - UK).
4. Disciplina científica (Química, Física e Biologia) por meio de conteúdo de CTS	Os temas de CTS são utilizados para organizar o conteúdo de Ciências e a sua sequência, mas a seleção do conteúdo científico ainda é a feita partir de uma disciplina. A lista dos tópicos científicos puros é muito semelhante àquela da categoria 3, embora a sequência possa ser bem diferente.	ChemCon (EUA), os módulos holandeses de física como Light Sources and Ionizing Radiation (Holanda: PLON), Science and Society Teaching units (Canadá), Chemical Education for Public Understanding (EUA), Science Teacher's Association of victoria Physics Series (Austrália).
5. Ciências por meio do conteúdo de CTS	CTS organiza o conteúdo e sua sequência. O conteúdo de ciências é multidisciplinar, sendo ditado pelo conteúdo de CTS. A lista de tópicos científicos puros assemelha-se à listagem de tópicos importantes a partir de uma variedade de cursos de ensino tradicional de Ciências.	Logical Reasoning in Science and Technology (Canadá), Modular STS (EUA), Global Science (EUA), Dutch Environmental Project (Holanda), Salter's Science Project (UK)
6. Ciências com conteúdo de CTS	O conteúdo de CTS é o foco do ensino. O conteúdo relevante de Ciências enriquece a aprendizagem.	Exploring the Nature of Science (Ing.) Society Environment and Energy Development Studies (SEEDS) modules (EUA), Science and Technology 11 (Canadá)
7. Incorporação das Ciências ao conteúdo de CTS	O conteúdo de CTS é o foco do currículo. O conteúdo relevante de Ciências é mencionado, mas não é ensinado sistematicamente. Pode ser dada ênfase aos princípios gerais da Ciência.	Studies in a Social Context (SISCON) in Schools (UK), Modular Courses in Technology (UK), Science A Way of Knowing (Canada), Science Technology and Society (Australia), Creative Role Playing Exercises in Science and Technology (EUA), Issues for Today (Canada), Interactions in Science and Society - videos (EUA), Perspectives in Science (Canadá)
8. Conteúdo de CTS	Estudo de uma questão tecnológica ou social importante. O conteúdo de Ciências é mencionado somente para indicar uma vinculação com as Ciências.	Science and Society (UK.), Innovations: The Social Consequences of Science and Technology program (EUA), Preparing for Tomorrow's World (EUA), Values and Biology (EUA).

Ainda segundo Aikenhead (1994), citado por Santos e Mortimer (2000), nenhuma das categorias assinaladas no quadro representa o modelo “real” de CTS, mas as categorias de três a seis representam formatos mais comumente encontrados na literatura. Talvez, um curso classificado na categoria um, nem pudesse ser considerado como CTS, dado o baixo *status* atribuído ao conteúdo CTS. Enquanto isso, a categoria oito refere-se a cursos radicais de CTS, nos quais os conteúdos de Ciências praticamente não são abordados. Destaca também o referido autor, que até a categoria quatro, há uma ênfase maior no ensino conceitual de Ciências, sendo que, a partir da categoria cinco, a ênfase muda para a compreensão dos aspectos das inter-relações entre CTS.

Currículos nas categorias seis e sete poderiam ser propostos na tentativa de buscar a interdisciplinaridade na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Entretanto, tal proposição demandaria projetos audaciosos a serem desenvolvidos com a participação de docentes, o que não poderia ser feito aleatoriamente (SANTOS; MORTIMER; 2000).

Em relação à diversidade de intervenções CTS que mencionamos acima, Strieder (2008) cita alguns exemplos dessas intervenções desenvolvidas aqui no Brasil. Para isso, a autora destaca as propostas implementadas por Cruz e Zylbersztajn (2000), Samagaia e Peduzzi (2004), Nunes (2005), Andrade e Carvalho (2002), Carletto e Pinheiro (2005). São elas respectivamente: Acidente Radioativo de Goiânia; Projeto Manhattan; RELUZ: energia e suas transformações no contexto social; Projeto Pro-álcool; Princípios Tecnológicos. É importante mencionar que nessas propostas as discussões giraram em torno de temáticas centrais, sendo elas de natureza social ou tecnológica e, ainda segundo Strieder (2012), atualmente há um número maior de propostas.

Em se tratando da utilização dos temas sociais, Santos e Schnetzler (2000), reportando-se a uma revisão bibliográfica sobre o Movimento CTS, afirmam que todos os artigos revisados sugerem o desenvolvimento de abordagens CTS a partir de temas sociais, por esses evidenciarem as inter-relações dos aspectos da CTS e promoverem condições para o desenvolvimento de atitudes de tomada de decisão dos estudantes.

Apesar da literatura CTS recomendar a utilização desses temas, não há um consenso quanto à seleção dessas temáticas, nem tampouco quanto à forma de abordá-las. Nesse sentido, Santos e Mortimer (2000) afirmam que alguns autores defendem a inclusão de temas locais e outros de temas globais, entretanto, todos relatam que os temas devem fazer parte da vida dos alunos. Defende-se também a utilização de uma abordagem a partir de problemas locais que se articulem com problemas de dimensão regional e global.

Aliado a isso, alguns pesquisadores também defendem o uso dos denominados temas controversos. Esses temas envolvem problemas relacionados ao desenvolvimento científico-tecnológico, abarcando diferentes pontos de vista. Geralmente enfocam situações simuladas, que possuem alguma analogia com problemas reais (STRIEDER, 2008). É apropriado salientar que nas propostas CTS o tema sempre parte dos pesquisadores.

Sobre esta questão, Carletto, Linsingen e Delizoicov (2006) colocam que quando os temas educacionais propostos pelo enfoque CTS são apresentados somente a partir de percepções de especialistas, sem participação dos atores a quem se destinam, o processo educativo, poderia reforçar uma implícita tecnocracia interdisciplinar, inibindo uma maior participação democrática já na própria definição dos temas de interesse.

Dentre as sugestões de etapas a serem seguidas, encontra-se o modelo de abordagem CTS proposto por Aikenhead (1994), que se organiza na sequência de etapas, ou seja, primeiramente ocorre a introdução de uma problemática/tema extraída da sociedade; em seguida uma tecnologia relacionada à temática deve ser apresentada e analisada; por conseguinte, se estuda os conceitos e habilidades científicas definidos em função da temática e da tecnologia relacionada. Posteriormente há o estudo da Tecnologia correlata em função do conteúdo que foi estudado e; finalmente a questão social é rediscutida com vistas à tomada de decisão sobre o assunto (TEIXEIRA, 2003a; SANTOS, 2007).

Ainda discutindo essa proposta, Auler (2002) ressalta que os conceitos científicos passam a ser meios para a compreensão dos temas, ou seja, parte-se de um problema, estudam-se os conhecimentos científicos e tecnológicos para compreendê-lo e em seguida retorna-se ao problema inicial.

Teixeira (2003a) defende que, apesar dos modelos apresentados pelos supracitados autores (AIKENHEAD, 1994; SANTOS, MORTIMER, 2000; AULER, 2002; SANTOS, SCHNETZLER, 2000; CARLETTO, LINSINGEN, DELIZOICOV, 2006; STRIEDER, 2008;) representarem a estrutura básica de um curso baseado na perspectiva CTS, não podemos interpretá-los de forma inflexível. O importante é explorar junto aos educandos as inter-relações CTS. Nesse sentido, Teixeira (2003a), com base em Lowe (1985), apresenta diferentes possibilidades para abordagens de temas CTS. São eles: i) ensinar uma área de Ciências estabelecendo relação da área com aspectos relevantes compreendidos como próprios de CTS; ii) introduzir uma aplicação tecnológica com a finalidade de iniciar a matéria e depois discutir problemas de maior amplitude associados ao tema e; iii) lançar um problema central e, a partir desse, estudar os conceitos científicos e tecnológicos necessários para solucionar o problema.

Em outras palavras, o que se pretende é o trabalho sistemático com temas sociais que se configurem como eixos estruturadores para o estudo dos conteúdos científicos (TEIXEIRA, 2003a).

Quanto às estratégias didáticas utilizadas no ensino orientado por enfoques CTS, é importante assinalar que o enfoque CTS não apresenta métodos/técnicas de ensino que sejam considerados exclusivos, o que reflete a diversidade de propostas e pressupostos utilizados. Cruz e Zylbersztajn (2001) afirmam que o enfoque CTS é bastante multifacetado metodologicamente, porém, há uma concordância sobre a importância de que a metodologia de ensino adotada favoreça abordagens interdisciplinares, dialógicas e interativas.

Deste modo, entre as estratégias mais utilizadas destacam-se: aulas dialogadas, trabalhos em pequenos grupos, discussões centradas nos estudantes, resolução de problemas, congressos de tomada de decisões, presença de palestrantes que abordam temas específicos, debates, palestras, redação de cartas a autoridades, experimentos em laboratório, aulas práticas e de campo, jogos de simulação, fóruns e debates, projetos individuais e coletivos, utilização de entrevistas, filmes, materiais audiovisuais, softwares de computador, visitas a museus, indústrias, ecossistemas, zoológicos, aulas expositivas e discussões em grupos a partir de vídeos e textos de

divulgação científica (HOFSTEIN; AIKENHEAD; RIQUEARTS, 1998; AULER, 2002; TEIXEIRA 2003a; STRIEDER, 2008).

Todas essas sugestões metodológicas contribuem para que os educandos desenvolvam habilidades e atitudes necessárias à tomada de decisão e o exercício da cidadania, objetivos propostos pelo enfoque CTS. De qualquer forma, o que a literatura CTS indica é que, em cursos dessa natureza, há a necessidade de utilização de múltiplas estratégias didáticas, ou seja, é preciso não limitar o trabalho em sala de aula a aulas expositivas com reduzida participação dos alunos. A interatividade e a participação dos estudantes é ponto nevrálgico quando pensamos em projetos de ensino vinculados ao *Movimento CTS*.

### **1.5 - Papel do professor e dos estudantes em aulas fundamentadas nos enfoques CTS**

Como discutimos anteriormente, o enfoque CTS é um excelente instrumento de reflexão e ação para apoiar mudanças no ensino de Ciências, promover a educação científica dos educandos e prepará-los para o exercício da cidadania.

Entretanto, para que isso ocorra é necessário, além dos investimentos a nível político e educativo, que haja mudanças nas práticas educativas dos professores (SANTOS; AULER, 2011; VIEIRA; VIEIRA, 2011).

Nesse caso, o papel do professor é de fundamental importância para implementação dessas práticas, pois é ele quem norteia e efetiva as ações orientadas pelos pressupostos CTS. Não basta apenas investir na educação e formular novos currículos, ainda que relevantes; temos que acompanhar o que os professores deverão fazer em termos de ações em sala de aula.

Nesse sentido, para constituir uma orientação CTS no ensino de Ciências, é imprescindível que os professores abandonem a postura conservadora de transmissores de conhecimentos e passem a atuar como mediadores e organizadores do processo de ensino-aprendizagem.

Bazzo, Von Linsingen e Pereira (2003) afirmam que nesse tipo de ensino o professor assume novo papel, pois passa a promover nos educandos uma atitude criativa, crítica e ilustrada, na perspectiva de construir coletivamente os espaços de aprendizagem e as aulas. Para isso, o professor além de mediar os conteúdos

científicos, também deverá articular conhecimentos, argumentos e contra-argumentos, embasados em problemas relacionados com as implicações do desenvolvimento científico-tecnológico.

Nessa mesma linha de pensamento, Teixeira (2003a) advoga que o papel do professor sofre significativas alterações no contexto do ensino CTS:

[...] ele deixa de assumir uma postura de mero transmissor de conhecimentos para coordenar as diversas situações que acontecem ao longo do curso, orientando o desenvolvimento das atividades e a caminhada dos alunos na direção da aprendizagem de conceitos, valores e habilidades que o curso se propõe a alcançar (TEIXEIRA, 2003a, p. 29).

Contudo, para que os docentes assumam tal postura e superem as práticas tradicionais que perpassam o ensino de Ciências, é imprescindível considerarmos a formação profissional dos mesmos.

Cachapuz (1997) afirma que a formação de professores deve ser considerada fundamentalmente por duas razões: i) o currículo exige mudança de mentalidade e, como tal, importa que haja adesão por parte dos educadores e; ii) os próprios professores reconhecem que não sabem como integrar as orientações CTS no ensino das ciências.

Além disso, os cursos de formação de professores opõem-se a mudanças que ocorrem no âmbito educacional e, segundo Teixeira (2003a), ainda:

(...) conservam um modelo de formação [em que] a preocupação com o ensino quase sempre é secundarizada em benefício da formação em conhecimentos específicos. A formação psicossocial, pedagógica, política e ética do futuro docente ainda tem pouco espaço diante da hegemonia quase intocável das disciplinas de conteúdos específicos (TEIXEIRA, 2003a, p. 17).

Diante do exposto, Santos (2007) salienta que é imperativo que os programas de formação inicial e continuada de professores de Ciências proporcionem os contextos para os formadores, professores e alunos/futuro professores, adequadamente, articularem as dimensões investigativa e educativa das ciências, valorizando e incorporando inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), de modo a promover:

- I. Abordagens curriculares que não negligenciem a dimensão conceptual do currículo (educação “em” ciências), isto é, a aprendizagem do conhecimento científico em si, canônico e disciplinar;

- II. A compreensão do que se entende por métodos científicos utilizados na produção de conhecimentos científicos (educação “sobre” ciências);
- III. A formação pessoal e social dos alunos (educação “pelas” ciências).

Nessa direção, uma orientação CTS para os cursos de formação de professores, irá proporcionar não somente a aquisição de conhecimentos científicos, o desenvolvimento de capacidades de pensamento e de atitudes a propósito de problemas sociais que envolvem a Ciência e a Tecnologia, como também, criará, tanto para os docentes quanto para os alunos, condições para que tais aprendizagens se tornem úteis no dia-a-dia, não numa perspectiva meramente instrumental, mas sim numa perspectiva de ação (CACHAPUZ, 1997).

Teixeira (2003a) defende que os cursos de formação docente deveriam contemplar fatores como interdisciplinaridade, a realização de projetos de pesquisa em educação, o estudo de novas alternativas e correntes teóricas que apoiem a superação do ensino tradicional. Ao mesmo tempo, também deveriam ser oferecidos, com maior constância, cursos de aperfeiçoamento que permitam a formação permanente dos docentes e o acesso a informações atualizadas, para possibilitar a inclusão de propostas inovadoras aplicáveis à sala de aula.

Acreditamos que esses espaços de discussões podem oferecer condições que auxiliem os professores a se conscientizarem sobre a importância das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, sobre a necessidade de construção de uma autonomia indispensável para que eles enfrentem os desafios impostos pela organização educacional e discutam as interações CTS com seus estudantes.

Apesar dos cursos de formação de professores refletirem melhorias na qualidade do ensino de Ciências, não podemos deixar de esclarecer que as condições que essas melhorias serão implementadas também exercem influência significativa sobre os resultados da aplicação dessas novas práticas educativas. Infelizmente os professores da educação básica vivenciam condições precárias de trabalho (carga horária de trabalho excessiva, baixos salários, falta de material didático, pouco tempo disponível para se aperfeiçoar e para o planejamento das aulas, más condições de infraestrutura escolar, etc.) o que, muitas vezes, dificulta a aplicação de novas propostas pedagógicas, principalmente aquelas defendidas pelo enfoque CTS.



Isso nos faz refletir sobre a necessidade de maiores investimentos para a escola pública e sobre a promoção de ações governamentais direcionadas para a efetivação de um ensino público de qualidade. Queremos dizer com isso que não basta apenas melhorar o trabalho docente. Também é indispensável que ocorram transformações significativas em todo âmbito educacional para que as propostas educacionais CTS sejam executadas de forma satisfatória, ou melhor, sem alterar a situação atual do sistema educacional brasileiro, das condições de trabalho e de formação do professor, dificilmente poderemos transformar os conteúdos científicos na perspectiva de formação para a cidadania.

É apropriado comentarmos que com o enfoque CTS, o trabalho em sala de aula passa a ter outra conotação. Como citamos acima, o professor passa a ser o grande articulador do processo de ensino-aprendizagem para garantir a mobilização dos saberes e o desenvolvimento de habilidades intelectuais dos estudantes, instrumentalizando-os para desenvolverem eficazmente o seu papel de cidadãos.

Nessa condição, o novo perfil do educador requer outro tipo de educando. Juntos, professores e alunos passam a pesquisar, descobrir e construir o conhecimento científico que deixa de ser considerado inviolável. Isso significa romper com a concepção tradicional que predomina na escola e promover uma nova forma de entender a produção do saber. Os alunos recebem subsídios para desenvolver uma postura questionadora, crítica e reflexiva, abandonando o estado de subserviência diante do professor e do conhecimento apresentado em sala de aula (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007).

Esse novo perfil postulado para os estudantes os caracteriza como questionadores, reflexivos, críticos e modificadores da realidade que o cerca. Agora eles assumem o controle do seu conhecimento e refletem criticamente sobre todos os fatores do âmbito social que envolvem os aspectos sociocientíficos.

## CAPÍTULO 2

### DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Nesse capítulo apresentamos algumas considerações metodológicas relativas à investigação desenvolvida, o que envolve uma discussão sobre as abordagens de pesquisa de caráter qualitativo que deram base para a realização de nosso trabalho. Além disso, apresentamos uma síntese das etapas da intervenção, as ações desenvolvidas durante esse processo e os instrumentos empregados para a coleta dos dados. Algumas informações preliminares sobre o processo de análise de dados também serão explicitadas.

#### **2.1 - Caracterização da natureza da pesquisa realizada**

Em consonância com Lüdke e André (1986), entendemos que a pesquisa pode ser caracterizada como uma ocasião privilegiada, ao aliar o pensamento e a ação de uma pessoa, ou de um grupo, no intuito de elaborar conhecimentos sobre determinados aspectos da realidade que deverão servir para a composição de soluções propostas a seus problemas.

A atividade de pesquisa é fruto da curiosidade, inquietações, reflexões e atividades investigativas dos indivíduos, a partir e em continuação do que já foi elaborado e sistematizado por aqueles que trabalharam o assunto anteriormente (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). Esses conhecimentos norteiam os esforços dos pesquisadores em busca de melhor conhecer e intervir nessa realidade.

É igualmente importante lembrar que, ao realizarmos uma pesquisa, nos deparamos com uma diversidade de alternativas metodológicas. Isto ocorre porque é necessário que estas sejam capazes de atender às necessidades dos diferentes objetos de estudo. Apesar de existirem diversos critérios de escolha, a opção por uma determinada metodologia de pesquisa se define principalmente pelos objetivos da investigação, ou seja, é escolhida aquela que melhor contempla os objetivos propostos para a pesquisa. Dessa forma, como o objetivo dessa pesquisa é analisar as potencialidades, limites e desafios a envolver a aplicação do *Movimento CTS* em aulas de Biologia, no Ensino Médio, dedicadas a conteúdos de Genética, utilizamos como

referência metodológica para essa investigação a abordagem de caráter qualitativo, pois a consideramos mais adequada a nossos interesses.

Segundo Bogdan e Biklen (2010, p. 47-51) as investigações de caráter qualitativo se caracterizam, entre outros aspectos, por apresentar:

- i) o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento – Supõe o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada. Entende-se que as ações podem ser melhor compreendidas quando são observadas no seu ambiente habitual de ocorrência. Em relação aos dados, estes são recolhidos em situações e complementados pela informação que se obtém através do contato direto e; os materiais registrados são revistos na sua totalidade pelo investigador, sendo o entendimento que este tem deles o instrumento-chave de análise.
- ii) os dados coletados são predominantemente descritivos – os investigadores qualitativos tentam analisar os dados em toda a sua riqueza pois, exige que o mundo seja examinado com a ideia de que nada é trivial, tudo tem potencial para constituir uma pista que nos permita estabelecer uma compreensão mais esclarecedora do nosso objeto de estudo;
- iii) a preocupação com o processo é muito maior do que com o produto – o interesse do pesquisador ao estudar um determinado problema é verificar como ele se manifesta nas atividades, nos procedimentos e nas interações cotidianas. Investigam os fenômenos em toda a sua complexidade e foca-se no modo como as definições das pessoas se formam;
- iv) o significado que as pessoas dão às coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo pesquisador – interesse pelo modo como diferentes pessoas dão sentido a suas vidas. Ao aprender sobre as perspectivas dos participantes, supostamente se conhece sobre a dinâmica interna das situações, dinâmica esta que é frequentemente invisível para o observador exterior e;

Em síntese, a pesquisa qualitativa envolve a obtenção de dados descritivos, obtidos no contato direto do investigador com a situação estudada, enfatizando mais o processo do que o produto e se preocupando em retratar a perspectiva dos participantes (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

Nesse sentido, entendemos que a pesquisa qualitativa é apropriada para a presente investigação, pois se configura como o estudo de um fenômeno situado no local em que ocorre, procurando tanto encontrar o sentido desse fenômeno quanto interpretar os sentidos que as pessoas dão a eles (CHIZZOTTI, 2006).

Também é necessário explicitar nossa opção pelo desenvolvimento de uma **pesquisa de intervenção**, isto é, “uma pesquisa sobre a ação quando se trata de estudá-la para compreendê-la e explicar seus efeitos” (CHIZZOTTI, 2006, p. 80). Diante de tal

conceituação, acreditamos que esta modalidade de pesquisa é a mais adequada para alcançarmos as finalidades do nosso estudo, já que o trabalho envolveu um projeto de intervenção, com aplicação do enfoque CTS em situação concreta de ensino-aprendizagem.

## **2.2 - Desenvolvimento da proposta de intervenção**

No que diz respeito ao planejamento, elaboração e ao desenvolvimento da proposta de intervenção, utilizamos como embasamento teórico, conforme esclarecemos nas páginas anteriores, os conhecimentos advindos de referenciais e trabalhos relacionados ao campo educacional e à abordagem CTS.

O desenvolvimento da proposta de intervenção se efetivou por meio de uma intervenção, envolvendo uma sequência didática, dedicada aos conteúdos de Genética. Sequência Didática (SD) é o termo aqui empregado, em consonância com o conceito proposto por Zabala (1998, p. 18), referindo-se a um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.

A SD desenvolvida se caracterizou como algo próximo a categoria de ensino CTS “4” proposta por Aikenhead (1994), isto é, “a seleção do conteúdo científico ainda é feita a partir de uma disciplina”, em nosso caso, utilizamos conteúdos de Genética que fazem parte da disciplina escolar Biologia, mas “os temas de CTS são utilizados para organizar [esse] conteúdo” (AIKENHEAD, 1994, p. 55-56).

Como, a nosso ver, é importante utilizar os aportes dos estudos da História e Filosofia das Ciências nas aulas de ciências, como instrumento de alfabetização científica (LEITE; FERRARI; DELIZOICOV, 2001), e a abordagem CTS também requer a busca por um ensino que contribua para a mudança da compreensão do *status* da Ciência (STRIEDER, 2008), a nossa SD também abarcou elementos sobre a História e Filosofia das Ciências. Nesse sentido, acreditamos que inclusão da perspectiva histórica no ensino das Ciências, como explicitado no primeiro capítulo, pode ajudar os alunos a construírem uma visão mais crítica e reflexiva sobre a atividade científica e tecnológica.

Desenvolvemos a intervenção no “Colégio Estadual Maria José de Lima Silveira”, localizado no município de Jequié/BA, durante duas unidades escolares (2ª e 3ª unidades). O trabalho envolveu 19 alunos, integrantes de uma turma de 3º ano do Ensino Médio. Todos os estudantes são oriundos de famílias de baixa renda, moradores de vários bairros na região periférica do município.

A escolha pela referida escola se justificou pela mesma ser uma instituição pública de ensino, oferecer o Ensino Médio, situar-se em um bairro periférico da cidade e apresentar uma realidade comum a várias escolas brasileiras: desenvolve um ensino de Ciências ainda com características marcantes de um ensino tradicional, preocupado muito mais com a preparação dos estudantes para os exames vestibulares ou para o ENEM do que com a formação para a cidadania.

Os participantes da pesquisa foram os alunos integrantes dessa turma de 3º ano, a professora de Biologia da turma em questão e a própria professora/pesquisadora, autora dessa dissertação.

Durante a pesquisa, utilizamos para a construção dos dados os seguintes instrumentos e estratégias: i) observação participante, em consonância com Lüdke e André (1986), já que consideramos o conteúdo das observações registrados em diário de campo, envolvendo uma parte descritiva e outra reflexiva; ii) material produzido pelos educandos (atividades escritas, textos, atividades em grupo, etc.); iii) questionário, com questões semi-estruturadas, aplicado junto aos alunos participantes da pesquisa (aplicação do questionário ocorreu no último encontro); iv) grupo focal, para o recolhimento de depoimentos de alguns alunos: o grupo focal foi composto por seis educandos, tendo como critério de escolha dos alunos, a disponibilidade dos mesmos para participar da entrevista; v) dados obtidos por meio do controle da frequência dos estudantes, o que nos demonstra o índice de frequência dos educandos nas aulas e, por fim; vi) entrevista com a professora regente da turma.

É importante mencionar que, apesar de apresentarmos ao longo do texto dessa dissertação algumas fotografias que registraram determinadas atividades durante as aulas, estas não foram consideradas como instrumento de análise dos dados. Usamos as mesmas apenas como ilustração de alguns momentos ocorridos durante a realização das atividades propostas.

Em se tratando da análise dos dados, esta foi desenvolvida após a concretização do processo de intervenção. Para Lüdke e André (1986), analisar os dados qualitativos significa trabalhar todo material obtido durante a pesquisa. Ainda segundo as referidas autoras, a análise de dados qualitativos é um processo criativo que exige grande rigor intelectual e muita dedicação. Não existe uma forma melhor ou mais adequada. O que se exige é sistematização e coerência do esquema escolhido com o que pretende o estudo (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

Para iniciar a análise dos dados produzidos na pesquisa utilizamos algumas categorias previamente definidas. Essas seis categorias são descritas a seguir: i) articulação da tríade CTS; ii) natureza da Ciência; iii) metodologia e recursos didáticos empregados; iv) perspectivas dos alunos; v) perspectiva da professora regente sobre o processo desenvolvido e; vi) perspectiva da professora/pesquisadora sobre o processo de ensino-aprendizagem desenvolvido. Essas categorias serão descritas posteriormente, no Capítulo 3, com mais riqueza de detalhes. É pertinente explicitar que a presença dessas categorias não impede que outras categorias surjam no processo de análise, isto é, o fato de elegermos algumas categorias a priori não engessou o processo de análise, ou seja, procuramos sempre nos mantermos vigilantes para o aparecimento de aspectos de interesse para o trabalho de análise dos dados.

### **2.3 - Perfil da Turma**

Entendemos ser importante a apresentação do perfil da turma em que desenvolvemos a proposta de intervenção, pois assim, possibilitaremos ao leitor uma visão geral dos educandos e da realidade que os cerca. Nesse sentido, acreditamos que tal apresentação promoverá maior compreensão sobre os fatores analisados durante a realização da pesquisa.

A turma escolhida para participar da pesquisa foi o 3<sup>a</sup> ano do Ensino Médio do *Colégio Estadual Maria José de Lima Silveira*. A turma é composta por 19 alunos, sendo 7 homens e 12 mulheres. Os estudantes apresentam idade média entre 16 a 18 anos e residem nas proximidades da escola. Alguns deles (três estudantes) trabalham no turno oposto ao que estudam; todos são oriundos de famílias de baixa renda.

Dentre as profissões exercidas pelos pais dos alunos podemos citar entre as mais prevalentes: eletricitas, pedreiros e motoristas. Em se tratando das mães, a maioria atua como donas de casa; as que trabalham são empregadas domésticas. Em alguns casos, apenas as mães são provedoras do sustento da casa, pois os pais não trabalham.

Antes de iniciarmos os trabalhos com a presente classe, realizamos uma reunião com a professora regente de Biologia, com intuito de conhecermos o perfil da turma segundo a visão da mesma. Segundo o depoimento dessa docente, os alunos demonstravam pouco interesse pelas aulas de Biologia e eram pouco participativos. A maior parte deles não realizava as atividades exigidas pela disciplina, evidenciando pouco interesse e falta de compromisso com os estudos. A professora concluiu a sua fala apontando que os docentes das outras disciplinas também possuíam opiniões similares a sua, pois durante as reuniões de professores e nas conversas informais, todos os outros colegas expuseram a preocupação com apatia e falta de comprometimento desses educandos com as atividades escolares.

#### **2.4 - Descrição da Sequência Didática**

No 3º ano do Ensino Médio, conforme constatamos ao analisar o plano de ensino da disciplina Biologia (Anexo 11), elaborado pela professora regente, com base no modelo de ensino pré-definido pela Secretaria de Educação da Bahia para as escolas da rede pública estadual, o componente curricular Biologia aborda os seguintes conteúdos: i) Genética, apresentando seus conceitos clássicos; ii) princípios da Evolução Biológica e; iii) Ecologia. Estes conteúdos são estudados respectivamente nesta ordem, sendo que os estudos de Genética são oferecidos durante a 1ª e 2ª unidade escolar, os princípios da Evolução na 3ª unidade, e os conteúdos de Ecologia são trabalhados durante a quarta e última unidade escolar.

Iniciamos a nossa proposta de intervenção no dia 25 de maio de 2012, data correspondente também ao início das atividades da 2ª unidade escolar na instituição onde desenvolvemos a investigação. Assim, a nossa SD foi elaborada utilizando os conteúdos científicos de Genética do currículo tradicional e planejada com ajuda dos pressupostos defendidos pelo *Movimento CTS*.

Nesse sentido, a realização da SD teve como finalidade introduzir o assunto programado com as questões sociocientíficas pré-selecionadas, como se observa no quadro 2, no próximo capítulo. Em se tratando da construção e elaboração da SD, buscamos oferecer momentos caracterizados pela dinâmica metodológica, com riqueza de recursos didáticos e que desenvolvessem uma abordagem interativa e dialógica. Assim, esta foi estabelecida da seguinte forma:

- i. Embasados pelo currículo tradicional da disciplina Biologia selecionamos os conteúdos a serem trabalhados nas aulas;
- ii. Realizamos pesquisas em diversas fontes (revistas, internet, vídeos, reportagens, livros, documentários, filmes) para escolhermos os aspectos sociocientíficos de relevância social e que melhor se articulassem com os conteúdos a serem estudados;
- iii. Definimos a metodologia de ensino e os recursos didáticos utilizados durante o processo de intervenção
- iv. Planejamos os instrumentos avaliativos (assiduidade e participação nas aulas, execução das atividades propostas e realização de provas).

A SD foi desenvolvida no período de 25 de maio a 10 de setembro de 2012, com carga horária de 50 horas, distribuídas ao longo de 22 encontros.



### CAPÍTULO 3

## APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS: DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E DISCUSSÃO DAS CATEGORIAS DE ANÁLISES DOS DADOS

Apresentaremos agora, entre outros detalhes, uma descrição mais pormenorizada das atividades realizadas durante os encontros desenvolvidos ao longo da SD e as análises sistematizadas dos resultados obtidos na intervenção, com base nas categorias que serão apresentadas. Essa etapa da análise ocorrerá ainda nesse capítulo da dissertação.

### 3.1 - Apresentação da Sequência Didática

Para propiciar ao leitor um panorama geral das atividades realizadas durante a SD, descrevemos resumidamente os encontros no quadro abaixo:

**Quadro 2 - Descrição das atividades realizadas durante a SD.**

ENC	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS
1º	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentação da proposta de pesquisa e dos participantes (alunos e pesquisadores);</li> <li>- Apresentação do termo de consentimento: anuência dos estudantes para a participação no projeto.</li> <li>- Vídeo: DNA a promessa e o preço: importância, utilização e riscos que o uso dos conhecimentos genéticos poderia causar a nossa sociedade; avanços tecnológicos; desenvolvimento, aplicação e divulgação dos conhecimentos científicos; importância do trabalho conjunto da Ciência e Tecnologia; desenvolvimento das pesquisas genéticas realizadas no mundo inteiro; benefícios da Ciência Genética para a população; opiniões a respeito da utilização da Genética; implicações das ações do homem em manipular a natureza e alguns depoimentos de geneticistas sobre as pesquisas realizadas pela Ciência Genética.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exposição dialogada;</li> <li>- Projeção de vídeo; construção de um resumo crítico sobre o mesmo.</li> </ul>
2º	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reapresentação do vídeo: DNA a promessa e o preço (continuação da aula anterior)</li> <li>- Leitura e discussão de pequenos textos: uso da técnica de fertilização <i>in vitro</i> para impedir o aparecimento de doenças genéticas; Projeto Genoma; utilização do DNA em testes de paternidade; criação e implicações do uso de alimentos transgênicos na sociedade humana;</li> <li>- Conexões das questões sociocientíficas abordadas com</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projeção de vídeo e discussão coletiva sobre o conteúdo do mesmo;</li> <li>- Leitura em grupo; discussão coletiva dos textos;</li> <li>- Processo de discussão.</li> </ul>

	o campo de estudos em Genética.	
3º	<p>- Tempestade de ideias: genética, gene, cromossomo, DNA, genótipo, fenótipo, mutação genética, cromossomos homólogos, genes alelos, genes letais, alelos múltiplos, homozigose, heterozigose, dominância, recessividade, produção de gametas, cruzamentos, grupos sanguíneos, sistema ABO e sistema Rh.</p> <p>- História da Ciência: histórico sobre o surgimento da Genética, construção coletiva dos conhecimentos científicos, acertos e erros da Ciência referentes a construção de tais conhecimentos, importância da parceria Ciência-Tecnologia-Sociedade para a construção da Ciência, benefícios dos conhecimentos científicos para a promoção da saúde e bem estar social, importância dos trabalhos desenvolvidos por Gregor Mendel, 1ª Lei de Mendel; estudo de alguns conceitos básicos de Genética (Genética, gene, DNA e cromossomos).</p>	<p>- Dinâmica de grupo;</p> <p>- Exposição dialogada com projeção de <i>slides</i> em <i>PowerPoint</i>.</p>
4º	<p>- Continuação dos estudos de alguns conceitos básicos em Genética: (cromossomos homólogos, genes alelos, RNA, genótipo, cruzamento-teste, fenótipo, cariótipo, mutações genéticas, homozigose, heterozigose, conceito de dominância - herança recessiva, dominante, dominância incompleta e completa - codominância, recessividade, pleiotropia, construção de um heredograma, alelos letais, polialelia, variação na expressão dos genes, herança de grupos sanguíneos na espécie humana - sistema ABO, alterações genéticas, mutações gênicas e cromossômicas e algumas doenças genéticas causadas por mutações.</p>	<p>- Exposição dialogada com projeção de <i>slides</i> em <i>powerpoint</i> e animações.</p>
5º	<p>- Vídeo Super Humanos (Discovery): mutações genéticas: características incomuns que acometem alguns indivíduos da espécie humana, decorrente de mutações genéticas;</p> <p>- Mutações genéticas, fatores responsáveis pelas mutações; engenharia genética; melhoramento genético de plantas e animais; organismos transgênicos e implicações da manipulação genética para a sociedade e para os seres humanos;</p> <p>- Atividade avaliativa: Segunda Lei de Mendel</p>	<p>- Projeção de vídeo e discussão coletiva sobre o conteúdo do mesmo;</p> <p>- Processo de discussão;</p> <p>- Lista de exercícios.</p>
6º	<p>Atividade avaliativa: leitura, discussão e elaboração de uma resenha crítica sobre o texto "Aplicações da Genética, riscos e promessas".</p>	<p>- Dinâmica de avaliação.</p>
7º	<p>- História e Filosofia da Ciência: Natureza da Ciência - a Ciência como atividade humana e coletiva: um exemplo a partir da história das Leis de Mendel;</p> <p>- Tempestade de ideias: Ciência, cientista, construção dos conhecimentos científicos, importância da ciência para a sociedade;</p> <p>- Discussão do texto "A História das Leis de Mendel na</p>	<p>- Exposição dialogada com projeção de <i>slides</i> em <i>powerpoint</i> e animações;</p> <p>- Dinâmica de grupo;</p> <p>- Exposição dialogada com</p>

	<p><b>Perspectiva Fleckiana</b>”: história de vida de Gregor Mendel; o contexto histórico, político, social da sua época, fatores pessoais, familiares, profissionais e religiosos que o influenciaram na construção e desenvolvimento de suas pesquisas; participação de Gregor Mendel em diversos coletivos de pensamento; erros e frustrações durante o desenvolvimento das pesquisas e a sua contribuição para os estudos da genética; trabalho coletivo dos cientistas; natureza coletiva da investigação; os fatores externos à Ciência.</p>	<p>projeção de <i>slides</i> em <i>powerpoint</i> e animações; processo de discussão.</p>
8º	- Avaliação	- Aplicação de prova.
9º	- 2ª Lei de Mendel, Lei da Segregação Independente ou Teoria Cromossômica da Herança; interação entre genes com segregação independente; meiose; segregação independente em uma célula duplo-heterozigótica AaBb; desenvolvimento e avanços da Citologia no século XIX.	- Exposição dialogada.
10º	- Continuação da aula anterior (revisão dos conteúdos Lei da Segregação Independente, teoria cromossômica da herança e interação entre genes com segregação independente); epistasia (recessiva e dominante), herança quantitativa e poligênica;  - Atividade de fixação.	- Exposição dialogada;  - Lista de exercícios.
11º	- Biotecnologia: definição de biotecnologia, primeiras técnicas de biotecnologia utilizadas pelo homem (utilização de fungos e bactérias), técnicas utilizadas para identificar, isolar e multiplicar os genes dos mais diversos organismos (engenharia Genética, bioengenharia ou tecnologia do DNA recombinante), elementos utilizados para a engenharia Genética (enzimas de restrição, DNA-ligase, clonagem em plasmídeos bacterianos, plasmídeos recombinantes, clonagem em vírus e animais e plantas transgênicos), clonagem, terapia gênica, organismos geneticamente modificados (OGMs) - definição dos OGMs; processos envolvidos para a criação destes e; a aplicação dessa técnica na obtenção de produtos de origem animal em grande escala (insulina, interferon, interleucina, proteínas do sangue, vacinas, costeletas de porco sem colesterol, vacas com leite humano para bebês órfãos, etc.); problemas éticos envolvidos na criação dos OGMs; questões ambientais, políticas, mercadológicas, religiosas: as questões ambientais e sociais relacionadas a esse processo.  - Apresentação de alguns produtos produzidos com OGMs: consumo de OGMs pela população (amido de milho, flocos de milho, óleos, fermento químico etc.);  - Projeção de vídeo: reportagem extraída da emissora Rede Globo sobre a pesquisa desenvolvida na cidade de Juazeiro/BA, utilizando mosquitos transmissores do vírus da dengue ( <i>Aedes aegypti</i> ) modificados geneticamente no combate a Dengue.	- Exposição dialogada com projeção de <i>slides</i> em <i>powerpoint</i> e animações;  - Demonstração de produtos produzidos com OGMs;  - Projeção de vídeo e discussão coletiva sobre o conteúdo do mesmo;

	- Texto: Argumentos falaciosos que camuflam os OGMs ( <i>Scientific American Brasil</i> )	- Leitura e discussão do texto em grupo.
12º	- Projeção de vídeo: informações sobre a técnica utilizada para a produção dos OGMs, fatores éticos, políticos e sociais embutidos na utilização da mesma.  - Júri Simulado: organismos geneticamente modificados (análise crítica sobre a utilização, benefícios e riscos do uso dos OGMs; análise crítica dos avanços científico-tecnológicos).	- Projeção de vídeo e discussão coletiva sobre o conteúdo do mesmo;  - Simulação de Júri.
13º	- Breve discussão sobre a natureza da Ciência utilizando como exemplo os trabalhos e a forma de vida de alguns pesquisadores da UESB: algumas pesquisas realizadas, trabalho coletivo dos pesquisadores, visão da Ciência e cientistas;  - Prática: apresentação do Laboratório de Biologia da UESB; breves orientações sobre biossegurança e microscopia (noções básicas para manuseio do microscópio); leitura do roteiro de aula prática: célula animal e vegetal.	- Processo de discussão;  - Visita ao Laboratório de Biologia (Campus Universitário da UESB); aula prática.
14º	- Correção da lista de exercícios (Lei da Segregação Independente ou 2ª Lei de Mendel) realizada com participação dos alunos ao quadro.	- Correção coletiva dos exercícios.
15º	- Natureza da Ciência: leitura e discussão do texto "Visões de Ciências e sobre cientistas entre estudantes do Ensino Médio": a Ciência e os cientistas; discussão crítica sobre o método científico numa perspectiva positivista; a construção da ciência como atividade humana; a importância do erro para a construção do conhecimento científico; o distanciamento entre a produção da Ciência e o ensino de conhecimentos científicos; as implicações desse distanciamento para a aprendizagem dos educandos e o interesse dos mesmos nas áreas científicas; importância das discussões sobre a Natureza da Ciência para o ensino de Ciências.	- Dinâmica: "Colcha de retalhos" e discussão coletiva do texto.
16º	- Genética relacionada ao sexo e ligação gênica: determinação do sexo, sistemas de determinação cromossômica do sexo, sexo homogamético e heterogamético, sistema haploide/diploide de determinação do sexo, herança e sexo, herança de genes localizados em cromossomos sexuais, genes humanos com herança ligada ao cromossomo X, ligação gênica e mapeamento cromossômico, genes em ligação e cromossomos, recombinação pela permutação, arranjos <i>cis</i> e <i>trans</i> de genes ligados, taxa de recombinação entre dois locos gênicos e, princípio de construção de mapas gênicos.	- Exposição dialogada com projeção de <i>slides</i> em <i>powerpoint</i> e animações; resolução de questões e problemas relacionados ao conteúdo herança ligada ao sexo.
17º	- Visita ao Laboratório de Genética da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB): apresentação do Laboratório de Genética aos educandos; demonstração de alguns equipamentos básicos utilizados nos trabalhos de pesquisa genética; apresentação das pesquisas genéticas desenvolvidas na UESB; discussão sobre a	- Visita ao Laboratório de Genética (Campus Universitário da UESB).

	natureza do conhecimento científico e sobre as aplicações dos conhecimentos genéticos; contribuições desse tipo de atividade para aumentar o conhecimento dos estudantes sobre a Ciência e Tecnologia; humanização da Ciência e aproximação dos educandos dos trabalhos científicos.	
18º	<p>- Clonagem: definições, histórico sobre o surgimento do processo de clonagem, clones naturais, métodos de clonagem, clonagem reprodutiva e terapêutica, o desenvolvimento das pesquisas nesse campo, os aparatos tecnológicos que possibilitaram o surgimento e utilização dessa técnica;</p> <p>- Texto: clonagem terapêutica e reprodutiva; debate ético em torno das pesquisas na área de clonagem humana;</p> <p>- Vídeos: pesquisas com células embrionárias; clonagem terapêutica e reprodutiva.</p>	<p>- Exposição dialogada com projeção de slides em <i>powerpoint</i> e animações;</p> <p>- Leitura em grupo; discussão coletiva do texto;</p> <p>- Projeção de vídeo e discussão coletiva.</p>
19º	- Visita a Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE)	- Visita orientada e discussão coletiva.
20º	<p>- Projeção de vídeo: pesquisas, métodos empregados para utilização das células-tronco e tratamento de doenças humanas; reportagem sobre pesquisas desenvolvidas na Bahia com a utilização de células-tronco; apresentação de um paciente paraplégico baiano que está utilizando essa técnica;</p> <p>- Células-Tronco: definições, células-tronco embrionárias e adultas, funções naturais das células-tronco no organismo humano, produção natural de células-tronco, características das células-tronco, experimentos realizados com esse tipo de células, tecnologias utilizadas no tratamento de lesões e doenças e, indicações para esse tipo de tratamento,</p> <p>- Texto: pesquisas e utilização de células-tronco;</p> <p>- Júri Simulado: a questão da utilização de embriões e células-tronco em pesquisas.</p>	<p>- Projeção de vídeo e discussão coletiva;</p> <p>- Exposição dialogada com projeção de slides em <i>powerpoint</i> e animações;</p> <p>- Leitura em grupo; discussão coletiva do texto;</p> <p>- Simulação de júri.</p>
21º	- Exposição do Filme "Gattaca". O filme retrata o papel da genética na construção do ser humano e realça que cada pessoa é o resultado das interações complexas entre o seu patrimônio genético e o meio. Também faz uma análise crítica sobre as tecnologias reprodutivas que facilitam a eugenia e as possíveis consequências do desenvolvimento científico-tecnológicos para a sociedade.	- Projeção de vídeo e discussão coletiva.
22º	<p>- Avaliação do curso e encerramento;</p> <p>- Distribuição dos jornais produzidos pelos alunos.</p>	- Dinâmica de avaliação: aplicação do questionário para todos os alunos; entrevista com um pequeno grupo.

Na sequência, descreveremos com riqueza de detalhes todas as atividades desenvolvidas com a turma durante a realização da pesquisa. A partir desse momento, já podemos notar alguns desafios e contribuições promovidos pela utilização do enfoque CTS no ensino de Ciências/Biologia.

### **3.2 - Descrição e análise da Sequência Didática**

É pertinente salientar que a descrição dos encontros realizados já compreende algum nível de seleção dos registros descritivos construídos por meio do processo de observação participante, aliados com algumas reflexões que serão apresentadas posteriormente, como forma de assinalar emoções, anseios, reflexões, desafios e decepções que abarcaram todo o processo (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

#### **1ª aula - 25/05/12 - (Duas aulas)**

Iniciamos a aula apresentando aos alunos os pesquisadores envolvidos no processo de intervenção e, com auxílio do programa *powerpoint*, explicitamos de forma geral, detalhes sobre a pesquisa que seria desenvolvida. Apresentamos o título do projeto, os objetivos e a metodologia utilizada; enfatizamos a importância da colaboração e da participação dos alunos e da professora regente no desenvolvimento da investigação. Demonstramos, com riqueza de informações, como se implementa uma proposta de ensino baseada no *Enfoque CTS* para que os estudantes pudessem compreender a metodologia de ensino que seria utilizada durante as próximas aulas. Posteriormente, os alunos se apresentaram, expondo seus nomes e perspectivas para o futuro. A maior parte dos estudantes manifestou interesse em continuar os estudos e ingressar no ensino superior. Apenas uma aluna relatou que não queria fazer o exame de vestibular e sim um curso técnico. Dentre os cursos de ensino superior de interesse dos educandos, os mais citados foram: fisioterapia, engenharia, sistemas de informação e enfermagem.

Após os esclarecimentos iniciais, apresentamos o *Termo de Consentimento Livre Esclarecido* (cf. Apêndice A, p. 209) para a turma, assinalando a importância do documento para o desenvolvimento dos nossos trabalhos. Feito isto, distribuimos o referido termo aos alunos para leitura e análise do documento. Caso concordassem

com o conteúdo do mesmo, e com as condições estabelecidas para o trabalho de intervenção e pesquisa, eles deveriam assinar o documento, manifestando concordância formal com a realização da investigação. Em seguida, recolhemos todos os termos assinados pelos estudantes e distribuimos uma cópia para cada um deles.

Prosseguimos então com as atividades iniciais do projeto, com a apresentação do vídeo<sup>5</sup> intitulado “*DNA a promessa e o preço*”. O vídeo versa sobre as potencialidades e riscos envolvidos no uso dos conhecimentos e tecnologias derivados das pesquisas no campo da Genética; avanços tecnológicos que facilitam o desenvolvimento, aplicação e divulgação dos conhecimentos científicos; importância do trabalho conjunto da Ciência e Tecnologia; desenvolvimento das pesquisas genéticas realizadas no mundo inteiro; benefícios da Ciência Genética para a população; algumas opiniões a respeito da utilização das pesquisas em Genética; as implicações das ações do homem em manipular a natureza e alguns depoimentos de geneticistas sobre as pesquisas realizadas na área de Genética.

Após assistirem o vídeo os alunos foram instruídos a construir um breve resumo (cf. Apêndice B, p. 211) sobre as suas percepções em relação ao conteúdo do material projetado. Quando iríamos começar a discussão sobre o vídeo apresentado, a campainha tocou, informando que o nosso tempo de aula havia se esgotado. Assim a discussão planejada para esta primeira aula, ficou reservada para o próximo encontro.

## **2ª aula - 01/06/12 - (Três aulas)**

Iniciamos este encontro com a reapresentação do vídeo exposto na aula passada, pois como mencionado anteriormente, em função do tempo, não foi possível desenvolver a discussão do conteúdo abordado pelo mesmo. Assim, achamos necessário reapresentá-lo para que os alunos pudessem lembrar sobre o que foi evidenciado pelo vídeo e facilitar o encaminhamento da proposta de discussão.

Os estudantes iniciaram a discussão abordando a importância da utilização dos conhecimentos científicos para a promoção da saúde e do bem estar da

---

<sup>5</sup> Documentário produzido pela Discovery Channel:

Disponível em: [www.youtube.com/watch?v=akeQXrSIaKE&feature=player\\_detailpage](http://www.youtube.com/watch?v=akeQXrSIaKE&feature=player_detailpage)

população. Para isso citaram como exemplo, o uso das técnicas de melhoramento genético de plantas e animais, fato que, segundo os estudantes, facilita o desenvolvimento da agricultura, a criação de animais, favorecendo a produção de alimentos de qualidade para a população humana. Também falaram sobre a prevenção e cura de doenças genéticas, por meio do conhecimento do código genético; mencionaram a importância do desenvolvimento tecnológico (construção de computadores, internet, microscópios, entre outros aparatos tecnológicos) que facilita a aplicação, desenvolvimento e divulgação dos conhecimentos científicos; eles também disseram sobre a importância do poder de decisão que as pessoas teriam se conhecessem antecipadamente os problemas de saúde que poderiam sofrer em tempos futuros e; explicitaram alguns aspectos sobre os benefícios que casais acometidos por alguma doença genética poderiam ter quando é dado a eles o poder de escolha em optarem por ter filhos portadores da mesma doença, por meio do método natural, ou a obtenção de filhos saudáveis, pelo uso de métodos artificiais.

Considerando que os educandos tendem a mencionar apenas os pontos positivos da aplicação dos conhecimentos científicos e tecnológicos, achamos necessário incitá-los a discutir sobre os possíveis pontos negativos, danos e prejuízos que a utilização da Ciência e Tecnologia poderia causar a nossa sociedade. Dessa forma, eles continuaram suas explicações relatando aspectos sobre as discussões a respeito do consumo dos alimentos transgênicos. Segundo eles, a população ainda possui um conceito equivocado de que os alimentos transgênicos só causam malefícios à saúde humana.

Diante desse fato, explicitamos aos alunos que a Ciência e a Tecnologia, apesar de proporcionarem grandes benfeitorias a nossa sociedade, também podem causar riscos e problemas à população humana e ao meio ambiente. Prosseguimos a explicação dizendo que a Ciência é uma atividade humana; e como toda atividade humana, também é passível de erros; que muitas vezes, os conhecimentos científicos e tecnológicos são desenvolvidos em prol de interesses pessoais, privados ou de uma minoria, visando o benefício de uma pequena parcela da sociedade e não a busca do bem estar social como demonstra a maioria dos meios de comunicação. Para isso demos exemplos com base nos casos da utilização da bomba atômica, que devastou Hiroshima e Nagasaki, causando milhões de mortes; citamos a degradação



ambiental, intensificado também pelo desenvolvimento e utilização da Ciência e Tecnologia; abordamos sobre as consequências do consumo de alimentos transgênicos que, até o momento, ainda não se sabe o que tal consumo poderá causar à população humana; comentamos sobre as consequências da exposição humana às radiações, como a formação dos diversos tipos de câncer; explicitamos sobre o aparecimento de doenças causadas pelo consumo de alimentos industrializados; relatamos que o cultivo em massa de algumas plantas modificadas geneticamente pode favorecer a perda da variabilidade genética e a extinção de determinadas espécies; ressaltamos também a criação de alguns organismos com mal formações genéticas, decorrentes da ação humana e; por fim, comentamos que, apesar de se conhecer o genoma humano e os processos envolvidos na formação de um ser humano, ainda há muito o que se estudar e conhecer sobre a dinâmica do nosso organismo; sobre o nosso material genético, sobre a organização dos genes e como as nossas características são expressas de acordo a formação do DNA.

Nessa discussão pudemos notar que os estudantes sustentam uma concepção próxima às ideias positivistas, pelo menos em alguns aspectos: há uma tendência para que eles entendam a Ciência como uma atividade neutra e essencialmente positiva em relação à sociedade.

Após a discussão apresentada, prosseguimos a aula com uma proposta de atividade coletiva. A turma foi dividida em quatro equipes, cada uma recebendo um texto específico na qual deveriam ler/discutir e, posteriormente, apresentá-lo para o grupo mais amplo.

Os textos foram retirados de jornais e revistas brasileiras, conceituadas pela idoneidade e compromisso com as informações veiculadas e se caracterizavam por serem textos de pequena extensão, linguagem acessível, de fácil entendimento, além de apresentarem o assunto de forma interessante, com depoimentos verídicos e exemplos práticos aplicados à vida cotidiana. Esses textos traziam questões científicas e tecnológicas polêmicas, de interesse para os alunos. Todos os textos tratavam sobre algumas aplicações dos conhecimentos genéticos na sociedade, como demonstraremos a seguir: uso da técnica de fertilização *in vitro* para impedir o

aparecimento de doenças genéticas<sup>6</sup>; a importância do Projeto Genoma para a promoção da saúde humana<sup>7</sup>; a utilização do DNA nos testes de paternidade<sup>8</sup> e por fim, a criação e implicações do uso de alimentos transgênicos na sociedade humana<sup>9</sup>.

Iniciamos a discussão coletiva com a apresentação do grupo responsável pelo texto intitulado “*O alimento transgênico: herói ou vilão?*”. Apenas uma aluna apresentou as impressões do grupo sobre o texto, iniciando a discussão e relatando que o grupo, apesar de ouvir falar desses organismos, e muitas vezes, consumir inadvertidamente este tipo de alimentos, não sabia como tais alimentos eram produzidos. Posteriormente, a estudante finalizou a sua fala citando, embasada no texto, alguns benefícios que os alimentos transgênicos poderiam trazer para a nossa sociedade.

Dando continuidade a discussão, incitei os outros estudantes a falarem o que sabiam sobre o assunto em estudo. Alguns relataram que já tinham ouvido falar sobre o tema em reportagens de telejornais, mas nenhum deles demonstrou conhecer o que seriam Organismos Geneticamente Modificados (OGMs). Como o texto trabalhado versava sobre a criação de animais e plantas transgênicas, os benefícios da utilização dessa técnica para a agricultura, pecuária e para a produção alimentícia do mundo inteiro e sobre as preocupações e dúvidas da sociedade e dos pesquisadores sobre as implicações do uso dos OGMs para a saúde e o meio ambiente, esperava-se que as discussões sobre o tema pudessem ser desenvolvidas de forma mais rica e dinâmica. Entretanto, pôde-se notar que os estudantes pouco conheciam sobre os alimentos transgênicos, sendo necessário a intervenção da pesquisadora, com informações a respeito de como tais alimentos são produzidos, quais as técnicas envolvidas no desenvolvimento dos OGMs, os riscos e benefícios que a utilização desses alimentos poderiam causar a nossa população, como por exemplo, o

---

<sup>6</sup> Texto: **Casal faz fertilização *in vitro* para impedir doença genética.** Retirado do jornal *Folha de São Paulo* Online. Disponível em: [www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u497086.shtml](http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u497086.shtml)

<sup>7</sup> Texto: **Projeto Genoma faz 10 anos e perguntas se multiplicam.** Retirado da revista *Isto É* de 20 de julho de 2011.

<sup>8</sup>Texto: **O problema da não paternidade.** Retirado da revista *Ciência Hoje*, publicada em 09/07/2010.

<sup>9</sup>Texto: **O alimento transgênico: vilão ou herói?** Retirado da revista *Veja* Online. Disponível em: [www.veja.abril.com.br/?gclid=COOrM5MrWnrICFYqR7QodvxcAcA](http://www.veja.abril.com.br/?gclid=COOrM5MrWnrICFYqR7QodvxcAcA)

aparecimentos de alergias e doenças, e por fim, como a criação do organismos transgênicos poderiam afetar o meio ambiente.

O segundo grupo apresentou o texto que tratava do caso verídico de um casal que optou pela técnica de fertilização *in vitro* para evitar que seus futuros descendentes herdassem o gene causador da Síndrome Paramiloidose<sup>10</sup>. O texto também apontava informações sobre o exame chamado DPGI (Diagnóstico Genético Pré-Implantacional), pelo qual é feita uma biópsia em uma das células de cada embrião para verificar a presença ou não da mutação, dessa forma, poderia selecionar os embriões saudáveis para serem implantados e; como se realiza a técnica de fertilização *in vitro*. O grupo assinalou a importância dos conhecimentos genéticos para identificar as doenças genéticas, promover a saúde e impedir o aparecimento de pessoas doentes na sociedade. Também defendeu a utilização do diagnóstico genético como sendo direito das pessoas, já que elas teriam a opção de escolherem por querer ou não ter filhos doentes e relataram desconhecer como ocorre a técnica de fertilização *in vitro*.

Como ocorreu com a apresentação do primeiro grupo, a pesquisadora também contribuiu com informações pertinentes sobre o assunto, como os benefícios trazidos pelos avanços da ciência Genética e da Tecnologia para a promoção da saúde humana. Neste caso, citamos algumas das técnicas utilizadas para diagnosticar as doenças genéticas, a técnica de fertilização *in vitro* e algumas questões éticas sobre a utilização e descarte de embriões. Neste momento, alguns alunos manifestaram suas opiniões, alguns a favor, outros contra, a respeito da utilização e o direito de vida de todos os embriões, sejam eles saudáveis ou não.

A terceira equipe apresentou o texto que versava sobre o projeto genoma. Esse texto apresentou a definição do Projeto Genoma e deixou claro que, apesar de se conhecerem a ordem correta das substâncias bioquímicas que compõem o código genético humano, fato que contribuiu significativamente para o avanço das pesquisas genéticas relacionadas à promoção da saúde humana, ainda pouco se sabe sobre as doenças mais comuns que afetam o ser humano, como obesidade, hipertensão

---

<sup>10</sup>A Polineuropatia Amiloidótica Familiar” (PAF), também conhecida como Paramiloidose, Doença dos Pezinhos ou Doença de Corino de Andrade, é uma doença neurodegenerativa, caracterizada pela deposição extracelular de fibrilhas amilóides em diversos tecidos, em particular no sistema nervoso (GRIFFITHS, et al., 2002).

arterial, diabetes e câncer. Isso porque elas apresentam um componente tanto genético quanto ambiental, o que dificulta a ação das pesquisas genéticas desenvolvidas. Também trouxe informações acerca das lacunas, ainda não preenchidas, entre a pesquisa genética e sua aplicação prática. Como visto, apesar do contato inicial com o texto, os alunos relataram desconhecer o Projeto Genoma, sua importância e utilização em prol da saúde e bem estar da população. Mais uma vez, a pesquisadora interveio definindo o Projeto Genoma, suas potencialidades e importância potencial para criação de vacinas, remédios, tratamentos médicos, cura de doenças até então incuráveis e para a promoção da saúde humana.

E por fim, o quarto e último grupo apresentou o texto que versava sobre a utilização do DNA nos testes de paternidade. Os alunos enfatizaram que a utilização desse método acelera a solução de inúmeros casos judiciais e, paralelamente, permite a solução de dúvidas de paternidade na esfera extrajudicial, dentro do seio das famílias, em total sigilo. Os estudantes também evidenciaram a importância dessa técnica para a vida das crianças que precisam do reconhecimento legal, do apoio emocional e afetivo e do suporte financeiro de seus pais. Finalizando, eles demonstraram significativa curiosidade sobre o método e a forma que tal processo é desenvolvido.

Com a leitura e discussão dos referidos textos, pôde-se perceber que os estudantes têm poucos conhecimentos a respeito da aplicação prática dos conhecimentos científicos relacionados à área de Genética.

No final da atividade, procuramos demonstrar aos educandos que os conhecimentos genéticos trabalhados na sala de aula, os conhecimentos científicos e os avanços da Ciência e da Tecnologia estão intimamente interligados a nossa vida e ao nosso cotidiano. Explicamos que a nossa proposta de trabalho para essa SD seria, justamente, estudar os conteúdos de Genética em conjunto com as discussões de questões sociocientíficas de interesse para todos e, proporcionar discussões problematizadoras a respeito do objeto em estudo, a fim de desenvolvermos a análise crítica por parte dos alunos (SANTOS, 2008), como fizemos ao realizarmos as discussões dos exemplos práticos trabalhados nessa aula, as quais demonstravam como os conhecimentos científicos podem ser e são aplicados em prol da nossa qualidade de vida, facilitando a nossa sobrevivência, promovendo a saúde humana e

o bem estar social. Também salientamos que, muitas vezes, a Ciência e a Tecnologia podem trazer riscos e problemas à população humana, e que é essencial que nós estejamos preparados para atuar na sociedade em que vivemos, opinando e interferindo, tomando posição crítica em questões relacionadas à Ciência- Tecnologia que, certamente, intervêm diretamente sobre as nossas vidas e sobre a sociedade como um todo.

### **3ª aula - 15/06/12 (Duas aulas)**

Iniciamos esta aula com uma dinâmica desenvolvida na forma de “tempestade de ideias”. Esta atividade foi realizada com intuito de avaliarmos as ideias gerais que os estudantes traziam sobre alguns conceitos básicos de Genética e; de fazermos uma breve revisão dos conteúdos trabalhados pela professora regente durante a primeira unidade escolar. Os assuntos genéticos (parte conceitual) abordados na dinâmica foram os seguintes: genética, gene, cromossomos, DNA, genótipo, fenótipo, mutação genética, cromossomos homólogos, genes alelos, genes letais, alelos múltiplos, homozigose, heterozigose, dominância, recessividade, produção de gametas, cruzamentos, grupos sanguíneos, sistema ABO e sistema Rh.

Ao serem indagados sobre os conceitos supracitados, os alunos apresentaram conhecimentos fragmentados e parciais. Isso ficou evidente quando os estudantes não souberam responder o que sabiam sobre gene, DNA e cromossomos, permanecendo calados ou falando que não se lembravam dessas definições quando foram questionados. Também responderam de forma incompleta e/ou confusa quando indagados sobre o significado de genótipo e fenótipo, relatando que genótipo seriam os genes de um indivíduo e que fenótipo corresponderia às características expressas fisicamente pelos seres humanos. Agiram da mesma maneira quando tratamos dos conceitos de homozigose, heterozigose, dominância, recessividade, produção de gametas, cruzamentos, grupos sanguíneos, sistema ABO e sistema Rh. Este fato evidenciou que apesar dos alunos apresentarem algumas informações a respeito dos assuntos em estudo, estas não eram consideradas significativas e adequadas, se comparadas com as conceituações encontradas na literatura em Ciências. Como os conteúdos de Genética foram considerados pelos alunos como sendo de difícil compreensão, e também por eles apresentarem pouco

conhecimento em relação a esses temas, entendemos que os estudantes demonstraram uma carência de conhecimentos em relação aos conteúdos básicos da Genética.

É importante lembrar que o desenvolvimento da nossa SD daria continuidade ao programa do curso seguido pela escola, o qual exige que os assuntos de Genética sejam abordados durante a primeira e segunda unidade escolar, ou seja, daríamos prosseguimento aos estudos iniciados pela professora regente da turma durante a primeira unidade. Entretanto, como os educandos demonstraram uma deficiência em relação aos conceitos básicos de Genética que já haviam sido estudados durante a primeira unidade escolar, optamos por abordar novamente os conteúdos já trabalhados pela professora regente, porém de uma maneira diferenciada, com embasamento dos pressupostos CTS.

Diante dessa realidade, iniciamos uma aula expositiva dialogada, com a utilização de uma apresentação em *powerpoint*, abordando de forma mais aprofundada alguns conteúdos básicos em Genética: o histórico do surgimento da Genética, desde as primeiras ideias sobre a hereditariedade até a Genética dos dias atuais, com destaque para as ideias dos primeiros filósofos e cientistas envolvidos na construção dessa Ciência; as primeiras teorias na área (Teoria da Pangênese, pré-formistas e teoria da epigênese) e a construção coletiva de conhecimentos científicos; os avanços e retrocessos da Ciência a respeito de tais conhecimentos; a importância da parceria Ciência-Tecnologia para o surgimento dos conhecimentos genéticos e; uma breve análise sobre os benefícios e prejuízos que esses conhecimentos trouxeram para os seres humanos e ao meio ambiente. Também ressaltamos a importância dos trabalhos desenvolvidos por Gregor Mendel e sua relevância para o desenvolvimento das pesquisas genéticas; estudamos a primeira lei de Mendel e iniciamos o estudo de alguns conceitos básicos dessa área: gene, DNA, cromossomos, etc.

Durante a aula expositiva houve significativa participação dos alunos, expondo suas dúvidas ou contribuindo com algumas informações. Percebemos que os educandos ficaram surpresos quando abordamos sobre o histórico do surgimento da Genética, principalmente, quando apresentamos as primeiras ideias sobre a hereditariedade, as primeiras teorias criadas para tentar explicar tal processo, as

definições “errôneas” e aceitas por muitos estudiosos da época em que foram criadas, e os avanços da tecnologia que permitiram maiores conhecimentos nessa área (por exemplo, a criação do microscópio e o trabalho coletivo de muitos cientistas em prol do desenvolvimento científico e tecnológico). Neste conteúdo introdutório, procuramos demonstrar aos estudantes que a Ciência é uma atividade humana, construída paulatinamente, condicionada a erros e acertos e que é realizada por meio das contribuições de vários estudiosos, os quais nem sempre comungam das mesmas ideias e estas, muitas vezes, não são corretas. Também ressaltamos a influência que o contexto sócio-histórico exerce sobre o desenvolvimento científico-tecnológico e a não neutralidade da Ciência.

Sobre os estudos dos conceitos básicos da Genética, abordamos apenas os conceitos sobre gene, cromossomos, cromossomos homólogos e DNA, pois o tempo da aula não foi suficiente para realizarmos os estudos dos demais conceitos, ficando esses para serem trabalhados no próximo encontro.

#### **4ª aula - 30/06/12 (Duas aulas)**

Com auxílio do *powerpoint* começamos essa aula recapitulando o estudo que fizemos na aula anterior sobre alguns conceitos fundamentais de Genética. Prosseguimos explicitando os demais conceitos descritos a seguir: cromossomos homólogos, genes alelos, RNA, genótipo, cruzamento-teste, fenótipo, cariótipo, mutações genéticas, homozigose, heterozigose, conceito de dominância - herança recessiva, dominante, dominância incompleta e completa - codominância, recessividade, pleiotropia, construção de um heredograma, alelos letais, polialelia, variação na expressão dos genes, herança de grupos sanguíneos na espécie humana - sistema ABO, alterações genéticas, mutações gênicas e cromossômicas e algumas doenças genéticas causadas por mutações.

É pertinente mencionarmos que as explicações dos temas estudados eram dadas após os alunos serem questionados sobre o que eles sabiam sobre cada tema apresentado. Procuramos estudá-los de forma contextualizada, sempre com a utilização de exemplos comuns extraídos da realidade dos estudantes e relacionando-os com aspectos da Ciência, Tecnologia e Sociedade. Para isso exploramos as próprias características dos educandos para explicarmos conceitos

como genótipo, fenótipo, construção de um heredograma, genes alelos, homozigose, heterozigose, dominância etc. Também utilizamos os exemplos de algumas doenças humanas causadas por mutações genéticas, como a anemia falciforme, síndrome de Down, síndrome de Edward e de Patau; usamos exemplos de algumas anomalias humanas como a acondroplasia e o albinismo para o estudo das interações entre alelos de um mesmo gene e; utilizamos o exemplo da polidactilia postaxial (presença de um dedo extranumerário na espécie humana) para o estudo sobre penetrância gênica. Os alunos participaram de forma significativa durante a aula, expondo suas ideias, dúvidas e contribuições. Percebemos que o interesse dos educandos se tornava mais explícito à medida que íamos exemplificando os conteúdos em estudo com questões práticas do seu cotidiano, a exemplo de quando utilizamos as suas características genóticas e fenotípicas ou quando abordamos as anomalias e doenças genéticas.

Os estudantes tinham grande curiosidade em relação à ocorrência das mutações genéticas e quais as suas causas e consequências para espécie humana. Também fizeram questionamentos sobre as características físicas que eles apresentavam e os prováveis genes que determinavam tais características. Quando abordamos sobre o sistema ABO e fator Rh, as dúvidas mais frequentes apresentadas pelos alunos foram relacionadas aos genótipos que eles poderiam apresentar, sobre doação sanguínea e sobre a heritroblastose fetal. Para relacionarmos os conteúdos em estudo com aspectos tecnológicos, comentamos sobre as técnicas e exames atualmente utilizados para diagnosticar a presença mutações genéticas ou de genes relacionados ao aparecimento de algumas doenças, como, por exemplo, o exame chamado DPGI (diagnóstico genético pré-implantacional), pelo qual é feita uma biópsia em uma das células de cada embrião para verificar se possui ou não a mutação, também falamos da engenharia genética e sobre os processos de melhoramento genético de plantas e animais.

Com a realização dessa aula percebemos que os estudantes possuíam pouquíssimo conhecimento em relação ao conteúdo abordado, pois eles quando não permaneciam calados quando eram questionados sobre o que conheciam dos conceitos mencionados nesse encontro, diziam desconhecer os assuntos, ou se expressavam com argumentos imprecisos.



Pretendíamos finalizar este momento com a apresentação de um vídeo intitulado “Super Humanos”, que trazia depoimentos de cientistas a respeito das mutações genéticas e exemplos de seres humanos que apresentam algumas características incomuns, causadas por mutações. Contudo, por falta de tempo, a exposição do vídeo ficou programada para a próxima aula.

### **5ª aula - 06/07/12 (Duas aulas)**

Em complementação a aula anterior, neste encontro, apresentamos o documentário intitulado “Super Humanos”<sup>11</sup>, que versava sobre quatro seres humanos com características especiais e incomuns decorrentes de mutações genéticas; sobre as pesquisas desenvolvidas com essas pessoas e; a possibilidade de seleção dessas características para outros seres humanos. Os exemplos citados foram: uma mulher sinestésica (apresenta habilidades sensoriais incomuns, conseguindo associar cores e gostos às palavras); um homem que apresentava a capacidade de elevar significativamente a sua temperatura corporal e resistir a baixas temperaturas; um pintor que nasceu sem enxergar e, mesmo assim, conseguia exercer a sua profissão e; um homem dotado de uma habilidade excepcional para resolução de cálculos matemáticos.

Apesar de citar os quatro exemplos dos chamados super-humanos, o vídeo destacou, com riqueza de detalhes, apenas a história do homem capaz de elevar a sua temperatura corporal, tornando-se resistente a baixas temperaturas consideradas letais aos seres humanos “normais”.

Os alunos se surpreenderam com tais informações, expondo sobre a possibilidade de criação de gênios ou monstros humanos por meio da manipulação do DNA. Ainda nesta aula, recapitulamos as discussões realizadas sobre os tipos de mutações genéticas e as principais causas que contribuem para a ocorrência das mesmas. Dentre os fatores responsáveis pelas mutações, enfatizamos os fatores ambientais, o consumo de determinados alimentos, as radiações, algumas doenças, a contaminação por vírus e a utilização da engenharia Genética.

---

<sup>11</sup> Documentário produzido pela Discovery Channel.  
Disponível em: [www.youtube.com/watch?v=a7jBYZiPBUA&feature=player\\_detailpage](http://www.youtube.com/watch?v=a7jBYZiPBUA&feature=player_detailpage)

Ao apontar alguns trabalhos realizados no campo da engenharia genética, como por exemplo, o melhoramento genético de plantas e animais e os organismos transgênicos, indagamos aos alunos sobre a opinião que eles tinham acerca da manipulação genética de DNA humano e quais seriam as implicações dessas tecnologias para a sociedade. Neste momento, houve uma pequena pausa nas falas e um momento de silêncio e reflexão. Muitos estudantes expuseram argumentos de fundamentação religiosa, relatando que não era aceitável modificar a criação de Deus (Jesus Cristo); outros disseram que não concordavam com a manipulação genética, porque é uma tecnologia que pode criar seres monstruosos; alguns explicitaram que os homens querem tornar-se Deus e manipular todo o universo em benefício próprio; também disseram que não deveríamos mudar a ordem natural da existência humana.

Em contrapartida, outros alunos defendiam a utilização da engenharia genética argumentando sobre os benefícios da criação de novas características que poderiam possibilitar melhor qualidade de vida; também relataram a utilização da engenharia genética na construção de vacinas e no tratamento e cura de doenças. Neste momento da discussão, a participação dos alunos foi muito significativa, pois a cada opinião dada, outra resposta acontecia em contrapartida à primeira. Como iríamos realizar um debate sobre a utilização da engenharia genética numa aula posterior, decidimos encerrar as discussões sugerindo que eles fizessem uma reflexão a respeito do assunto e para se preparem para debatê-lo com maior aprofundamento em outro encontro. Feito isto, distribuimos uma lista de exercícios, contendo questões sobre os ensinamentos da 1ª Lei de Mendel, para que os alunos aplicassem de forma prática seus conhecimentos. As questões que os educandos tinham dúvidas eram discutidas e resolvidas em conjunto: professora e alunos. É válido lembrar que durante as correções das questões propostas, alguns alunos demonstraram, por meio de alguns comentários, que conseguiram compreender os conteúdos científicos até então abordados. Dentre os comentários feitos podemos destacar os seguintes:

*“Agora eu aprendi, agora eu consegui responder esse tipo de questão” (Aluno 1).*

*“As aulas de genéticas eram sem graça, eu não prestava atenção, mas agora eu tô aprendendo” (Aluno 2).*

*“Agora tô achando mais fácil responder essas questões, depois da sua aula ficou mais fácil, tô entendendo mais” (Aluno 3).*

Como exposto, nessa aula, os educandos demonstraram não somente estarem compreendendo os conteúdos de Genética, como também expuseram e defenderam enfaticamente seus argumentos em relação à manipulação genética de DNA, fato que nos leva a acreditar que eles também estão desenvolvendo posicionamentos e caminhando para o desenvolvimento de reflexões críticas acerca de algumas implicações trazidas pelo desenvolvimento científico e tecnológico para a sociedade e ao meio ambiente.

### **6ª aula - 13/06/12 (Três aulas)**

Realização da atividade avaliativa: leitura, discussão e elaboração de uma resenha crítica (cf. Apêndice C, p. 213) sobre o texto "*Aplicações da Genética, riscos e promessas*"<sup>12</sup>. Com a realização dessa atividade, percebemos, tanto na discussão oral (discussão entre alunos e professora sobre o texto acima citado), quanto na construção textual dos educandos (elaboração da supracitada resenha crítica), que os estudantes estão conseguindo construir conhecimentos significativos a respeito da aplicação da Genética, sobre os benefícios trazidos pelos avanços científicos e tecnológicos dessa área e também sobre os riscos e problemas que o desenvolvimento científico-tecnológico pode propiciar à população humana e ao meio ambiente.

Tal constatação se evidenciou quando os alunos falaram ou escreveram sobre a importância da fabricação dos organismos geneticamente modificados (explicitaram a criação de plantas mais produtivas e resistentes como a soja e o milho, produção de substâncias importantes para promover a saúde humana como as vacinas, insulina, etc.); ressaltaram sobre a utilização dos conhecimentos genéticos para diminuir o aparecimento de pessoas com doenças genéticas e para a promoção da saúde (citaram a realização de seleção de embriões saudáveis para a fertilização *in vitro* e a prevenção e tratamento de doenças genéticas); expuseram sobre a importância da utilização do DNA em testes de paternidade e em análises criminais e, por fim; mencionaram alguns prejuízos da utilização da Ciência e Tecnologia, como por exemplo, diminuição da variabilidade genética de determinadas espécies, surgimento de novas doenças e novos seres vivos modificados geneticamente e a

---

<sup>12</sup> Texto retirado do site Pré-UNIVESP. Revista Digital de apoio ao estudante pré-universitário. Disponível em: [www.univesp.ensinosuperior.sp.gov.br/preunivesp/797/aplica-es-da-gen-tica-riscos-e-promessas.html](http://www.univesp.ensinosuperior.sp.gov.br/preunivesp/797/aplica-es-da-gen-tica-riscos-e-promessas.html)

utilização desses conhecimentos em prol de uma minoria dominante da sociedade. Uma análise mais aprofundada das resenhas produzidas pelos estudantes será apresentada posteriormente, ainda nesse capítulo.

Finalizamos o encontro distribuindo o texto “*A História das Leis de Mendel na Perspectiva Fleckiana*”, o qual iríamos discutir na próxima aula, para que os alunos realizassem a leitura do mesmo, como atividade extraclasse.

### **7ª aula - 18/07/12 (Duas aulas)**

Esta aula foi dedicada ao estudo de um episódio relativo à *História e Filosofia da Ciência*. Para isso, após os estudantes realizarem a leitura do texto “*A História das Leis de Mendel na Perspectiva Fleckiana*”<sup>13</sup>, como atividade extraclasse, realizamos a discussão do conteúdo do referido texto.

Com auxílio de *powerpoint* iniciamos a aula expondo sobre a importância do estudo da História e Filosofia da Ciência para a construção do conhecimento científico. Enfatizamos para os educandos que o estudo da natureza da Ciência, pode modificar a visão positivista da Ciência e aproximá-la dos interesses pessoais de cada um de nós, facilitando a compreensão dos assuntos em estudo; tornando as aulas mais atraentes e reflexivas, permitindo o desenvolvimento do pensamento crítico e nos possibilitando maior compreensão sobre as atividades científicas, suas funcionalidades, contribuições e implicações na vida da sociedade.

Feito isso, realizamos a dinâmica “tempestade de ideias”, questionando os alunos sobre as suas concepções a respeito da Ciência, dos cientistas; sobre a construção dos conhecimentos científicos e a importância da Ciência para a sociedade. Alguns alunos definiram Ciência como descoberta, conhecimento, curiosidade e pesquisa. Eles representaram os cientistas como pessoas muito estudiosas, gênios do saber que vivem em função da pesquisa e dos seus estudos. Também revelaram que a Ciência proporciona diversos benefícios a nossa sociedade. Ao mesmo tempo, mencionaram alguns problemas que decorrem da atividade científica. Diante das colocações dos educandos, prosseguimos a aula apresentando que assim como eles, a sociedade ainda apresenta uma visão neutra e positiva da

---

<sup>13</sup> Texto: LEITE, R. C. M.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A história das leis de Mendel na perspectiva Fleckiana. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.1, n. 2, p. 97-108, 2001.

Ciência; muitas pessoas encaram a Ciência como verdade absoluta e constroem uma imagem estereotipada dos cientistas.

Continuamos a explanação enfatizando que a Ciência é uma construção humana, suscetível a erros, construída por meio de erros e acertos, nem sempre obedecendo à construção linear do conhecimento científico. Também abordamos que, muitas vezes, a Ciência não está apenas vinculada ao bem estar social, podendo haver interesses pessoais, econômicos, políticos, entre outros, que orientam a construção e o desenvolvimento da mesma; mencionamos sobre as características dos cientistas, utilizando para isso exemplos de alguns geneticistas que atuam na nossa cidade e em nosso país, os quais desempenham suas funções de forma eficiente sem se privarem do lazer e da vida social. Ressaltamos que esses estudiosos desenvolvem seus trabalhos de forma coletiva e que também há uma significativa participação feminina na construção e desenvolvimento dos conhecimentos científico-tecnológicos.

Feito isso, iniciamos a discussão do texto supracitado. O texto descreve e analisa a história de vida de Gregor Mendel; o contexto histórico, político, social da sua época e todos os fatores pessoais, familiares, profissionais e religiosos que o influenciaram na construção e desenvolvimento de suas pesquisas. Também apresenta a importância da participação de Mendel em diversos coletivos de pensamento<sup>14</sup>; seus erros e frustrações durante o desenvolvimento de seu trabalho e sua contribuição para os estudos da área de Genética. Outro fator interessante que o texto faz referência está relacionado ao trabalho coletivo de alguns cientistas, os quais eram componentes de diferentes áreas e, mesmo assim, discutiam e compartilhavam suas ideias com a comunidade científica da época, fato que os possibilitavam ampliar seus conhecimentos sobre a temática em estudo, neste caso, os fatores envolvidos no processo da hereditariedade, e alcançarem avanços em suas pesquisas.

É pertinente expor que estudos desse tipo permitem abordar a natureza coletiva da atividade de pesquisa, os fatores externos à Ciência, o caráter histórico do saber, propiciando o olhar formativo dos educandos em relação ao conhecimento construído. Também é válido ressaltar que quando apresentamos a proposta

---

<sup>14</sup> Segundo a definição de Ludwik Fleck, “coletivo de pensamento” pode ser entendido como uma comunidade de indivíduos que compartilham práticas, concepções, tradições e normas (LEITE; FERRARI; DELIZOICOV, 2001, p. 98).

planejada para essa aula, alguns alunos demonstraram certo descaso com o tema, ocorrendo algumas dispersões por parte dos mesmos e algumas conversas paralelas, fato que nos obrigou a repreendê-los algumas vezes. Porém, quando começamos a apresentar a vida de Mendel e suas pesquisas, relacionando-as com fatores históricos-sociais-econômicos-políticos-religiosos, mencionando não apenas os experimentos realizados por ele, como também as dificuldades encontradas para a realização das suas pesquisas, seu erros, fracassos e frustrações, percebemos que os educandos se mostraram surpresos e atentos a nossa fala.

A proposição do trabalho realizado nessa 7ª aula converge com as idéias defendidas por Santos e Mortimer (2000), apoiados em Solomon (1988). Os autores propõem que os cursos de CTS deveriam apontar para o caráter provisório e incerto das teorias científicas. “Com tal compreensão, os educandos poderiam avaliar as aplicações da Ciência, considerando as opiniões contravertidas dos especialistas” (SANTOS; MORTIMER, 2000, p. 6). Ao contrário, com uma visão de Ciência como algo absolutamente verdadeiro e acabado, os alunos terão dificuldade de aceitar a possibilidade de duas ou mais alternativas para resolver um determinado problema.

### **8ª aula - 23/07/12 (Três aulas)**

Nesta aula realizamos a aplicação de uma avaliação escrita - prova (cf. Apêndice D, p. 215). Este instrumento avaliativo foi elaborado com questões relacionadas aos conteúdos da 1ª Lei de Mendel, retiradas de exames vestibulares. Tal atividade, juntamente com outros instrumentos avaliativos (produções dos alunos - textos, resumos, resenhas crítica, atividades escritas, participação dos educandos nas aulas e nas discussões, construção do jornal da Ciência, apresentação de seminários.), no contexto deste trabalho, sustentam o processo de apreciação dos conhecimentos, competências e habilidades estabelecidos pelos estudantes ao longo das aulas.

### **9ª aula: 27/07/12 (Uma aula)**

Aqui estudamos os conteúdos relacionados à 2ª Lei de Mendel, também conhecida como Lei da Segregação Independente, com destaque para os conceitos

sobre teoria cromossômica da herança e interação entre genes com segregação independente.

Iniciamos a aula fazendo uma recapitulação dos conteúdos relacionados à 1ª Lei de Mendel. Feito isso, abordamos detalhes sobre o desenvolvimento e avanços da Citologia no século XIX, enfatizando a história da descoberta dos cromossomos e do seu comportamento na divisão celular, eventos que foram essenciais para o estudo e desenvolvimento dos conhecimentos e aplicações da Genética. Posteriormente, apresentamos as bases teóricas da *Lei da Segregação Independente*; explicitamos sobre segregação independente dos genes e meiose e; sobre a segregação independente em uma célula duplo-heterozigótica AaBb.

Como neste dia haveria aula apenas nos dois primeiros horários, já que estava acontecendo na escola a “semana de simulado<sup>15</sup>”, e considerando que as aulas de Biologia eram ministradas durante o segundo e terceiro horários, finalizamos esse encontro sem concluir os trabalhos propostos para este momento, pois tivemos um único horário de aula.

É importante apresentar que uma aluna da turma fez um desabafo em relação à metodologia de ensino que estávamos empregando. Ela expôs que estava sentindo falta de escrever no caderno os conteúdos abordados, pois nós pedíamos para eles prestarem atenção na aula e que não se preocupassem em escrever, já que o livro de Biologia adotado pela escola contém todo o conteúdo estudado. A referida estudante prosseguiu a sua fala dizendo que estava acostumada a escrever no caderno os resumos que os professores colocavam no quadro. Em resposta às indagações da aluna, esclarecemos que, como já havíamos declarado no primeiro encontro, todos os materiais utilizados, como *slides* e vídeos, estariam disponíveis na secretaria da escola e que também daríamos uma cópia para quem preferisse esses materiais impressos. Já os textos e atividades escritas eram distribuídos para todos os alunos. Também relatamos que tal estudante, até a presente data, não demonstrou interesse em adquirir os materiais disponíveis. Por fim, ressaltamos que apesar dos resumos escritos nos cadernos dos alunos serem importantes para o aprendizado deles, é necessário buscarmos e conhecermos as informações contidas em todos os meios de

---

<sup>15</sup> Semana dedicada à aplicação de atividades avaliativas como testes e provas. Nesta semana, os dois primeiros horários de aula são mantidos com atividades normais e os demais horários são usados para aplicação das atividades avaliativas.

comunicação, já que a nossa intenção, como sempre mencionávamos nas aulas, era de contribuir para a formação mais ampla dos educandos.

Entendemos que o supracitado episódio, expresso na posição tomada pela supracitada estudante, ratifica as discussões travadas pela literatura em Educação em Ciências, a qual aponta a prevalência de um ensino de Ciências desenvolvido de forma descritiva, com excesso de terminologias e sem vinculação com a análise do funcionamento das estruturas sociais (LIMA; TEIXEIRA, 2011; KRASILCHIK, 2004; TEIXEIRA, 2003a; TRIVELATO, 2000). Em síntese, acreditamos que a forma de ensino vigente em nossas escolas implica diretamente na qualidade da formação dos nossos estudantes, condicionando os mesmos à construção de um conhecimento deficiente, desvinculado da realidade onde vivem, restrito a alguns conteúdos científicos pouco significativos para a construção de cidadãos capazes de interferirem na sociedade contemporânea.

#### **10ª aula: 01/08/12 (Duas aulas)**

Nessa aula recapitulamos os conteúdos abordados na aula anterior (Lei da Segregação Independente, teoria cromossômica da herança e interação entre genes com segregação independente); estudamos os conteúdos sobre epistasia (recessiva e dominante), herança quantitativa e poligênica e, por fim; propomos uma atividade de fixação - lista de exercícios (cf. Apêndice E, p. 220) - para os educandos aplicarem os conhecimentos aprendidos durante essa aula.

Como recursos didáticos, utilizamos apenas o quadro, pincel atômico, o livro de Biologia dos estudantes e uma lista de exercícios. Neste encontro exploramos os fenótipos e alguns possíveis genótipos que os educandos e seus familiares poderiam apresentar para contextualizar os conteúdos científicos e facilitar a aprendizagem dos alunos. Percebemos que os educandos se mostraram muito interessados e participativos, pois faziam muitos questionamentos e contribuía com exemplificações de caracteres dos seus familiares. Este fato nos ajuda a comprovar as ideias discutidas pela literatura em Educação, na qual muitos autores afirmam que o tratamento contextualizado do conhecimento é uma das estratégias que a escola dispõe para retirar o aluno da condição de espectador passivo (GIASSI; MORAES, 2008; SILVA, 2010). Se bem trabalhado ao longo da transposição didática, o conteúdo



do ensino provoca aprendizagens significativas que mobilizam o aluno e estabelecem entre ele e o objeto do conhecimento uma relação de reciprocidade. Desse modo, em consonância com os PCNs, a contextualização evoca áreas, âmbitos, ou dimensões presentes na vida pessoal, social e cultural, e mobiliza competências cognitivas já adquiridas (BRASIL, 1999). Em suma, a contextualização facilita o processo de ensino-aprendizagem e, quando usada como recurso pedagógico, contribui para a construção de conhecimentos e formação de capacidades intelectuais significativas.

Para finalizarmos a aula, solicitamos aos educandos que construíssem um heredograma da sua família considerando a característica lóbulo da orelha (solto ou preso) e cor dos olhos.

### **11ª aula: 03/08/12 (Três aulas)**

Esta aula foi utilizada para aprofundarmos os estudos sobre Biotecnologia, abordados superficialmente nos primeiros encontros. Planejamos para esse momento uma aula expositiva dialogada, leitura e discussão de um texto retirado da revista *Scientific American Brasil*, intitulado “Argumentos falaciosos que camuflam os OGMs”<sup>16</sup>, e um debate sobre os organismos geneticamente modificados, o qual aconteceria por meio da dinâmica júri simulado.

Antes de iniciarmos essa aula, indagamos aos alunos se eles ainda se recordavam de algumas informações sobre os OGMs apresentadas nos primeiros encontros que desenvolvemos. Diante da afirmativa positiva dos estudantes para o nosso questionamento, perguntamos aos mesmos se eles saberiam definir um OGM. Eles responderam de forma satisfatória, ou seja, disseram que os OGMs são organismos manipulados geneticamente, de modo a favorecer características desejadas, como produção de substâncias, tamanho, cor, etc. Arriscamos dizer que esse episódio nos dá indicativos que os estudantes estavam, paulatinamente, construindo alguns conhecimentos sobre os assuntos discutidos em aula.

Proseguimos com exposição dialogada sobre Biotecnologia. Para isso, utilizamos uma apresentação em *powerpoint*, com *gifs* animados e ilustrações que facilitavam a explicação dos processos envolvidos nessa área. Desse modo,

---

<sup>16</sup> Texto retirado do periódico *Scientific American Brasil*. Edição brasileira, julho de 2012, nº 122, p. 54 - 57.

apresentamos a definição de Biotecnologia; as primeiras técnicas biotecnológicas realizadas pelo homem (utilização de fungos para a produção de pão, vinho, álcool e antibióticos; uso das bactérias na produção de iogurtes, queijos e coalhadas); mencionamos sobre processo empregados na identificação, isolamento e multiplicação dos genes, como por exemplo, a engenharia genética, bioengenharia ou tecnologia do DNA recombinante; explicitamos a definição e funcionalidade dos elementos utilizados para a engenharia genética, como as enzimas de restrição, DNA-ligase, clonagem em plasmídeos bacterianos, plasmídeos recombinantes, clonagem em vírus e animais e plantas transgênicos e; abordamos sucintamente sobre a clonagem e terapia gênica, visto que estes assuntos seriam estudados com maior aprofundamento em aulas posteriores.

Como o enfoque desse encontro estava voltado para os OGMs, prosseguimos as discussões rerepresentando a definição de organismo transgênico; os processos envolvidos para a criação de tais organismos e a aplicação dessa técnica na obtenção de produtos como a produção de insulina, interferon, interleucina, proteínas do sangue, vacinas e costeletas de porco sem colesterol. Também demonstramos alguns exemplos dos OGMs (milho, soja, arroz, o mosquito vetor da dengue - *Aedes aegypti*, vacas produtoras de leite humano, bactérias, etc.) e de alguns produtos que consumimos frequentemente (Figura 1) e que são produzidos com OGMs, como é o caso do amido de milho, flocos de milho, fermento químico e óleos de cozinha. Estes exemplares também serviram para os alunos conhecerem e identificarem o símbolo que indica a presença de OGMs nos produtos alimentícios (Figura 2).

Figura 1 - Símbolo que identifica um alimento produzido com base em OGMs.



Figura 2 - Exemplos de produtos produzidos com OGMs



Feito isso, expusemos os problemas éticos envolvidos na criação e consumo de produtos oriundos dos OGMs, falamos sobre as questões ambientais, políticas, mercadológicas, religiosas, enfim, as questões ambientais e sociais relacionadas a esse

processo. Seguidamente, exibimos um vídeo<sup>17</sup> extraído da emissora Rede Globo de Televisão, versando uma reportagem sobre pesquisa desenvolvida na cidade de Juazeiro, aqui na Bahia, com mosquitos transmissores do vírus da dengue (*Aedes aegypti*) modificados geneticamente.

Segundo o vídeo apresentado, esses insetos serão utilizados como uma das principais ferramentas de controle e erradicação dessa epidemia. Escolhemos apresentar essa reportagem, em razão da mesma tratar de um problema de saúde pública regional, pois a cidade de Jequié já enfrentou uma epidemia desta doença, em anos anteriores, e ainda vive sob constante preocupação e cuidado em referência a tal enfermidade. É válido ressaltar que esta cidade já apresentou relevantes índices de pessoas infectadas com o vírus da dengue e alguns casos de morte, sendo a Dengue não somente uma preocupação do país, mas um assunto de extrema importância para a população desse município.

Seguindo os pressupostos do enfoque CTS, o ensino de Ciências deve ser organizado a partir de temas sociais referentes à CT. A utilização destes temas visa realizar uma contextualização do conhecimento, integrando-o à realidade dos educandos. Isso contribui para a formação de cidadãos providos de conhecimentos mais coerentes acerca da Ciência e da Tecnologia e capazes de intervirem ética e democraticamente no mundo em que se inserem (CARLETTO; VON LINSINGEN; DELIZOICOV, 2006; STRIEDER, 2008, 2012).

No decorrer da aula, quando assinalamos os riscos e benefícios da criação e utilização dos OGMs, os estudantes se surpreenderam. Eles evidenciaram desconhecimento tanto em relação aos benefícios, quanto aos prováveis riscos e malefícios trazidos com a implementação dessa tecnologia. Igualmente, demonstraram perplexidade ao serem informados que até a presente data a Ciência não tem muito a dizer sobre as implicações do uso dos OGMs para a saúde dos seres humanos e ao meio ambiente e também quando demonstramos os exemplares dos OGMs (os quais fazem parte da nossa alimentação). Eles evidenciaram desconhecer o símbolo utilizado para informar a presença dos OGMs nos produtos alimentícios e mencionaram que, a partir dessa aula, observariam com maior cuidado os alimentos consumidos pelos seus familiares. Além disso, relataram que iriam informar aos

---

<sup>17</sup> Disponível em: [www.youtube.com/watch?v=zanvXxF4Lkk&feature=player\\_detailpage](http://www.youtube.com/watch?v=zanvXxF4Lkk&feature=player_detailpage)

parentes sobre como se identifica, nas embalagens dos alimentos, a presença dos OGMs e os prováveis riscos que poderemos correr ao consumirmos tais produtos. Os estudantes também se mostraram indignados com a forma que a mídia e os meios de comunicação abordam tais organismos, ressaltando apenas os aspectos positivos, sem se preocuparem em informar a população sobre os danos que estes podem causar à saúde humana e ao meio em que vivemos.

Em posse dessas informações, os educandos disseram que a Ciência e a Tecnologia estavam agindo em benefício tanto do bem estar da população mundial, quanto a favor dos interesses do mercado e de uma elite dominante. Expressaram que a Ciência, por ainda desconhecer as conseqüências do uso dos OGMs, esta não deveria disponibilizar tais produtos para a população humana indiscriminadamente. Esta colocação nos indica que a realização da nossa pesquisa está possibilitando aos alunos caminharem em direção a construção do senso crítico-reflexivo em relação à natureza da Ciência e da aplicação dos resultados das pesquisas pela nossa sociedade.

Esta aula despertou grande participação e interesse dos educandos, visto que os mesmos fizeram muitos questionamentos e trouxeram algumas contribuições. As principais indagações dos estudantes estavam relacionadas à forma como os OGMs são produzidos; se a manipulação genética de animais e plantas poderia criar novos seres vivos ou seres vivos monstruosos e; quais as conseqüências da existência dos OGMs para os seres humanos.

Após esse momento de discussão, distribuimos o texto citado acima, para que os estudantes lessem, discutissem e também formassem os seus argumentos sobre o tema em estudo, já que esses seriam apresentados, posteriormente, ao realizarmos o debate. O referido texto versava sobre alguns argumentos falaciosos que camuflam os perigos envolvidos no emprego dos OGMs que são veiculados às pessoas. Ao mesmo tempo abordava sobre a falsa percepção que população possui sobre a Ciência, quando consideram o desenvolvimento científico-tecnológico como atividade desenvolvida apenas em prol do bem estar social da humanidade; o texto também apresentou algumas pesquisas realizadas com OGMs; os benefícios trazidos por estes organismos; os riscos e prejuízos que a utilização e consumo dos mesmos podem causar à saúde humana e ao meio ambiente, ressaltando os aspectos políticos,

mercadológicos, éticos, sociais e os interesses pessoais embutidos na fabricação e incentivo ao consumo desses organismos e seus subprodutos.

Em suma, esse texto traz uma análise crítica sobre a utilização, benefícios e riscos envolvidos no uso/aplicação dos OGMs, e uma visão mais ampla sobre os avanços científico-tecnológicos nessa área. Infelizmente, apesar de utilizarmos três aulas conjugadas, posto que um professor da escola cedeu um dos seus horários de aula para que nós pudéssemos realizar tais atividades, o tempo não foi suficiente para concretizarmos todo o nosso planejamento para esta ocasião, nos obrigando a adiar a concretização do debate para próxima aula.

### **12<sup>a</sup> aula: 06/08/12 (Duas aulas)**

Dando continuidade às atividades da aula anterior, iniciamos este encontro fazendo uma breve recapitulação do texto sobre os OGMs. Feito isso, apresentamos um vídeo<sup>18</sup> que versava não somente sobre informações relativas às técnicas utilizadas para a produção dos OGMs, como também abordava os fatores éticos, políticos e sociais embutidos na utilização da mesma. Ao tratar desses fatores, o vídeo trazia algumas indagações que instigavam os alunos a pensar e reconstruir (ressignificar) suas ideias sobre o tema em estudo.

Dentre os questionamentos propostos pelo vídeo, destacamos as seguintes: a população humana está preparada para consequências futuras do uso dos OGMs? Quais os benefícios, riscos e prejuízos da utilização dos OGMs para a saúde humana? Até que ponto os cientistas podem ter posições seguras sobre os benefícios de consumirmos alimentos geneticamente modificados? A manipulação genética é moral? A manipulação genética é ética? Quais as consequências da manipulação da vida pelo homem e para a população humana e ao meio ambiente?

Enquanto os alunos refletiam sobre essas indagações, distribuimos as orientações para a realização da dinâmica do “júri simulado”, as quais continham informações sobre os papéis que cada participante iria assumir. São elas: o juiz (representado pela professora/ pesquisadora), o réu - OGMs (representado por um aluno), o advogado de acusação, advogado de defesa, testemunhas e corpo de jurados (representados pelos demais alunos). A realização dessa dinâmica (Figura 3)

---

<sup>18</sup> Disponível em: [www.youtube.com/watch?v=6ErAOB7NIWI&feature=player\\_detailpage](http://www.youtube.com/watch?v=6ErAOB7NIWI&feature=player_detailpage)

se constituiu como um momento de tomada de decisão, no qual os educandos tiveram a oportunidade de expor seus conhecimentos e posições em relação à produção, uso e implicações dos OGMs para a população humana e ao meio ambiente.

**Figura 3 - Desenvolvimento da dinâmica “júri simulado”**



A atividade foi muito significativa, pois oportunizou aos alunos discutirem e refletirem sobre as questões sociocientíficas e éticas envolvidas na fabricação e utilização dos OGMs, tais como: benefícios, riscos e problemas que envolvem uso dos OGMs; os interesses industriais, mercadológicos, políticos e pessoais embutidos na fabricação e incentivo ao consumo desses produtos; o posicionamento da comunidade científica a respeito dos OGMs; a importância da Tecnologia e o emprego da mesma para o desenvolvimento dessa técnica; a influência dos meios de comunicação na disseminação de informações sobre assuntos relacionados ao uso da Ciência e Tecnologia, que na maioria das vezes, vinculam informações pré-definidas e que favorecem o interesse daqueles que se beneficiam com a utilização dos artefatos científicos-tecnológicos, não se preocupando em informar corretamente os cidadãos.

Também foi pauta da discussão o posicionamento dos grupos religiosos a respeito do tema em debate e; sobre a ação do homem em querer manipular a vida sem antes ter certeza dos acontecimentos futuros que tal manipulação pode causar aos seres vivos.

Essa atividade também foi de grande valia para envolver os alunos, incitá-los a tomar uma posição, exercitar a expressão e o raciocínio e, desenvolver o senso crítico. Ao realizá-la, pudemos perceber que os estudantes não apenas demonstraram conhecimentos satisfatórios a respeito do tema discutido, como também evidenciaram compreender sobre os potenciais benefícios, riscos e problemas embutidos na atividade científica e tecnológica e; sobre a importância de conhecermos e discutirmos assuntos vinculados ao uso da Ciência e Tecnologia. Diante disso, já podemos antecipar que os alunos estão desenvolvendo competências e habilidades que podem contribuir para o exercício da cidadania.

É importante frisar também que essa dinâmica permitiu maior envolvimento e participação dos educandos, pois além dos mesmos apresentarem seus argumentos de forma imperiosa e convincente, demonstraram bastante entusiasmo ao realizar essa atividade, solicitando que nós realizássemos mais atividades desse tipo.

### **13ª aula: 10/08/12 (Três aulas)**

Este encontro foi dedicado à realização de uma aula prática sobre as células. Para a concretização de tal atividade contamos com a participação da docente AB, doutora em Entomologia, professora adjunta da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e responsável pelo Laboratório de Biologia da supracitada universidade (local onde realizamos essa aula prática).

Para transportar os estudantes do Colégio Maria José de Lima Silveira para UESB, utilizamos o ônibus cedido pela referida universidade (Figura 4).



**Figura 4 - Transporte dos estudantes do Colégio Estadual Maria José de Lima Silveira para a UESB.**



Os objetivos propostos para essa aula foram os seguintes: i) apresentar o Laboratório de Biologia para os educandos, posto que a maior parte deles - 16 alunos - relatou nunca ter visitado um laboratório de Ciências e nunca ter tido uma aula prática como essa que desenvolvemos; ii) demonstrar algumas pesquisas científicas desenvolvidas na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia; iii) observar a diversidade celular existente nos diferentes materiais analisados; iv) visualizar ao microscópio alguns componentes celulares (núcleo, citoplasma e limite celular - já que a membrana plasmática não é visível ao microscópio ótico) e; v) comparar as partes celulares nas diferentes células eucarióticas observadas.

Iniciamos a nossa aula com a apresentação da professora AB aos alunos. Posteriormente, a professora apresentada explicitou as pesquisas desenvolvidas por ela, em conjunto com outros pesquisadores e alunos, fato que nos propiciou fazer uma breve discussão sobre a natureza da Ciência, enfatizando aspectos como construção coletiva do conhecimento científico e as visões errôneas que a população possui sobre os cientistas e sobre a Ciência. Feito isso, descrevemos alguns procedimentos básicos relacionados a segurança, ressaltando os cuidados essenciais que devemos ter ao utilizar os objetos do laboratório e as vestimentas adequadas a esse tipo de ambiente.

Proseguimos com a distribuição e leitura dos roteiros de aula prática (cf. Apêndice F, p. 224) no quais constavam informações sobre: tipos celulares; importância da utilização dos microscópios para a visualização das células; breve explicação do procedimento que foi realizado; apresentação do material biológico, neste caso, células da mucosa bucal, da folha de *Setcreasea purpúrea*, da cebola e cortiça e; sobre o emprego dos corantes na visualização de diferentes regiões celulares (membrana plasmática, citoplasma e núcleo). O roteiro também apresentou algumas questões discursivas sobre as análises realizadas.

Este encontro foi bastante produtivo e interativo, com notória participação e curiosidade dos alunos (Figuras 5 e 6). Todos os estudantes colaboraram na montagem das lâminas e fizeram muitas perguntas referente aos procedimentos da aula prática, os equipamentos do laboratório e sobre o trabalho de pesquisa da professora AB. Foi notório o entusiasmo e a surpresa dos educandos ao visualizarem as células ao microscópio. Como justificativa para tal surpresa, os estudantes disseram que imaginavam as células como aquelas demonstradas nos livros didáticos, isto é, bem coloridas e didáticas, diferente das que estavam visualizando ao microscópio.

**Figura 5 - Realização da aula prática sobre as células na UESB.**



**Figura 6 - Realização da aula prática sobre as células na UESB.**



Após a visualização, os estudantes fizeram desenhos esquemáticos das células (Figura 7), identificando as partes visualizadas (citoplasma, núcleo e limite celular). Durante este momento, os alunos além de conhecer um pouco mais sobre as células, também tiveram a oportunidade de conhecer sobre o funcionamento de um laboratório e o trabalho de uma cientista. Por conseguinte, finalizamos a nossa aula solicitando dos educandos suas opiniões, críticas e sugestões sobre essa atividade. Todos demonstraram grande satisfação com a realização da aula prática. Eles mencionaram que este tipo de atividade despertava o interesse dos mesmos pela Biologia, já que os oportunizaram maior conhecimento, contato com as células e com atividades desenvolvidas pela Ciência. Também disseram que as práticas realizadas ajudaram a desconstruir a visão que tinham sobre a Ciência, antes entendida como algo inacessível e distante de sua realidade. Por fim, relataram que também se sentiram mais motivados em ingressar na carreira científica.

Figura 7 - Visualização das células ao microscópio e preenchimento do roteiro da aula prática.



#### **14ª aula: 15/08/12 (Duas aulas)**

Esta aula foi dedicada à correção da lista de exercícios sobre os conteúdos relacionados à *Lei da Segregação Independente* (2ª lei de Mendel). A lista de exercícios (cf. Apêndice D, p. 215) foi constituída por 10 questões, as quais foram respondidas com a participação de todos os educandos. Os alunos foram convidados a esponder as questões no quadro, fato que colaborou para maior interação entre aluno-aluno e alunos e professora/pesquisadora. Esse momento foi significativo, pois além dos estudantes demonstrarem ter aprendido os conteúdos estudados, também promoveu o trabalho coletivo da turma, já que todos os alunos se empenharam em ajudar os colegas que estavam respondendo as questões propostas. Após a correção, distribuímos o texto<sup>19</sup> intitulado “*Visões de Ciências e sobre cientistas entre estudantes do Ensino Médio*” para todos os estudantes e solicitamos, como atividade extraclasse, que eles fizessem a leitura do referido texto, já que exploraríamos o conteúdo do mesmo coletivamente na aula seguinte.

---

<sup>19</sup> KOSMINSKY, L.; GIORDAN, M. Visões de ciências e sobre cientistas entre estudantes do ensino médio. *Química Nova na Escola*, n. 15, 2002, p. 11-18.

**15ª aula: 17/08/12 (Duas aulas)**

Uma vez que os estudantes fizeram, em casa, a leitura do texto “*Visões de ciências e sobre cientistas entre estudantes do Ensino Médio*”, realizamos uma discussão coletiva sobre o seu conteúdo.

O texto apresenta um trabalho de pesquisa realizado com alunos do ensino médio de uma escola particular paulistana, desenvolvido com objetivo de conhecer as informações gerais que esses estudantes tinham sobre as visões da Ciência e analisar as possibilidades de utilizá-las em situações de ensino que privilegiem os modos de pensar e agir a partir de uma perspectiva científica. Também ressalta a importância de se promover atividades, em sala de aula, que utilizem as discussões sobre a natureza da Ciência, já que essas discussões são essenciais para que os estudantes se assumam como agentes sociais e históricos do seu tempo; possam pensar e agir cientificamente e tomar decisões socialmente responsáveis.

Como resultado da pesquisa, o texto revelou que todos os alunos participantes do trabalho demonstraram uma visão distorcida dos cientistas e da própria Ciência, fato que, segundo os autores, estava relacionado à forma como a Ciência é vinculada nos livros didáticos, à forma como a maioria dos professores de Ciências aborda a natureza da Ciência em sala de aula e; também, à maneira como os meios de comunicação expressam informações sobre a Ciência, visto que esses ressaltam as informações sensacionalistas e dão pouca atenção ao processo de produção do conhecimento científico.

Por fim, o texto defende a necessidade de um ensino de Ciências que propicie discussões sobre os processos de construção de conhecimento da cultura científica.

É apropriado mencionarmos que achamos interessante discutir esse texto em sala de aula, posto que o mesmo também traz informações essenciais sobre a natureza da Ciência (discussão sobre o método científico na perspectiva positivista; a construção da Ciência como atividade humana, comprometida com as práticas e valores das culturas a quais pertencem à comunidade científica; a importância do erro para a construção dos conhecimentos científicos; etc.).

Dessa forma, todas as informações contidas no texto estudado nos permitiram realizar discussões significativas sobre a natureza da Ciência, elemento essencial que deve ser considerado no ensino de Ciências, pois as discussões desse tipo também

sustentam a aprendizagem em Ciências, contribuem para uma visão mais realista da Ciência e aguça nos estudantes a percepção sobre a Ciência como uma construção humana (SCHEID; DELIZOICOV; FERRARI, 2003).

Para cumprirmos a discussão coletiva, utilizamos a seguinte estratégia didática: selecionamos algumas partes fundamentais do texto, enumeramos em ordem crescente, seguindo a ordem da escrita do texto, e distribuímos para os alunos. Cada educando ficou responsável pela apresentação de dois excertos do texto, ou seja, cada estudante lia e explicava o que estava escrito em seu segmento. Assim, todos tiveram a oportunidade de expressar suas ideias, opiniões e dúvidas. A discussão foi orientada pela professora pesquisadora.

Como já havíamos efetivado uma discussão anterior sobre a natureza da Ciência e também, no decorrer das aulas, sempre citamos alguns fatores a respeito dessa temática, ao realizarmos essa atividade, os educandos demonstraram estar problematizando sua visão positivista e neutra da Ciência. Eles também admitiram não possuir mais a mesma concepção que os alunos participantes da pesquisa relatada no texto apresentaram sobre os cientistas. A discussão foi proveitosa e significativa, pois os estudantes evidenciaram que as discussões sobre a natureza da Ciência permitiu-lhes compreender a Ciência como atividade humana, passível de erros, dotada de valores; realizada não somente em benefício da população, mas, sobretudo, em função de interesses mercadológicos e políticos. Eles também demonstraram ter modificado a visão que possuíam sobre os cientistas, passando a compreendê-los como pessoas “normais”, podendo ser homens ou mulheres, que desempenham seus trabalhos em parceria com outros estudiosos e partilham seus conhecimentos. Também revelaram que estas discussões os ajudaram a se motivarem a aprender os conteúdos científicos estudados na disciplina de Biologia e a despertar o desejo de também, futuramente, se tornarem cientistas.

Finalizamos a aula solicitando aos educandos a construção de um texto informativo, o qual denominamos “Jornal da Ciência”. Para realizar esse trabalho, organizamos pequenos grupos de alunos (formados por três ou quatro estudantes) e delegamos a cada grupo a responsabilidade de pesquisar e discorrer sobre um tema específico. Os temas propostos foram: surgimento da Genética, aplicações dos conhecimentos genéticos, riscos e danos causados pelo uso dos conhecimentos

genéticos e os problemas que a utilização dos conhecimentos científico-tecnológicos poderia causar à humanidade e ao meio ambiente. Feito isso, explicitamos para os educandos que após a construção de cada texto, eles deveriam reunir todos os trabalhos produzidos em um único documento - o "Jornal da Ciência". Essa atividade avaliativa foi distribuída, no nosso último encontro, para todos os estudantes da escola onde realizamos a nossa intervenção, com objetivo de partilharmos algumas informações sobre as implicações da Genética na sociedade.

#### **16ª aula: 22/08/12 (Duas aulas)**

Utilizamos essa aula para o estudo dos conteúdos Genética relacionado ao sexo e ligação gênica. Dentre os assuntos abordados destacamos os seguintes: determinação do sexo; sistemas de determinação cromossômica do sexo; sexo homogamético e heterogamético; sistema haploide/diploide de determinação do sexo; herança e sexo; herança de genes localizados em cromossomos sexuais; genes humanos com herança ligada ao cromossomo x; ligação gênica e mapeamento cromossômico; genes em ligação e cromossomos; recombinação pela permutação; arranjos *cis* e *trans* de genes ligados; taxa de recombinação entre dois loci gênicos e; princípio de construção de mapas gênicos. Para isso, realizamos uma aula expositiva dialogada, utilizando uma apresentação em *powerpoint*, elaborada de forma ilustrativa e dinâmica.

Essa aula foi bastante proveitosa, pois os estudantes demonstraram significativo interesse pelos conteúdos abordados e fizeram muitos questionamentos. Os assuntos que despertaram maior interesse dos educandos estavam relacionados às alterações do cariótipo humano (aneuploidias, monossomias - síndrome de Turner, trissomias - síndrome de Klinefelter) e às heranças sexuais (daltonismo, hemofilia, hipertricose e calvície). Também fizeram muitas perguntas referentes as limitações físicas e intelectuais apresentadas pelas pessoas portadoras das síndromes de Turner e de Klinefelter. É pertinente destacar que os alunos revelaram surpresa ao conhecer as síndromes supracitadas e manifestaram desconhecimento sobre as doenças relacionadas ao sexo.

Recapitulamos também o conteúdo sobre mutações genéticas (mutações gênicas e mutações cromossômicas numéricas e estruturais) para apresentarmos as

diferenças básicas entre alterações dos cromossomos autossomos e sexuais e quais as consequências dessas alterações. Dentre as síndromes decorrentes das alterações cromossômicas e gênicas, destacamos as Síndromes de Down, de Edwards, de Patau, de Turner e síndrome de Klinefelter.

### **17ª aula: 22/08/12 (Três aulas)**

Este encontro foi dedicado a uma visita ao Laboratório de Genética da UESB - Campus Jequié (Figura 8). Para transportar os alunos do colégio onde estudam até a UESB, usamos o ônibus cedido pela referida universidade. Essa atividade objetivou apresentar o Laboratório de Genética aos educandos; demonstrar alguns equipamentos básicos empregados nas pesquisas genéticas; conhecer sobre algumas pesquisas desenvolvidas na UESB; proporcionar maior compreensão sobre a natureza do conhecimento científico; propiciar melhor entendimento das aplicações dos conhecimentos genéticos; contribuir para que os estudantes se motivem a conhecer mais sobre a Ciência e Tecnologia e, por fim; aproximar os alunos da construção do trabalho científico. Para efetuarmos essa atividade, contamos com a contribuição de dois geneticistas da UESB.

Iniciamos a atividade proposta apresentando aos estudantes os dois cientistas que iriam conduzir as tarefas desse encontro. Feita as devidas apresentações, os pesquisadores descreveram brevemente as pesquisas desenvolvidas pelo grupo de geneticistas da UESB, enfatizando os trabalhos sobre testes de maternidade e paternidade de abelhas e mapeamento da diversidade genética de alguns animais (tripés, abelhas, vespas) e plantas. Posteriormente, relataram sobre alguns trabalhos que eles desenvolvem dentro do projeto Barcode, projeto nacional que engloba a participação de pesquisadores de todo o Brasil e possui como objetivo identificar o material genético de algumas espécies brasileiras.

Na sequência, os geneticistas apresentaram os materiais e equipamentos utilizados em suas pesquisas, a função de cada um deles e os processos envolvidos nas análises genéticas. Por conseguinte, expuseram sobre a importância da Genética e da Tecnologia para o conhecimento da diversidade de espécies animais e vegetais; para a conservação do meio ambiente (mapeamento genético e melhoramento genético de plantas e animais, etc.); para a promoção da saúde humana (OGMs,



Projeto Genoma, combate a doenças genéticas e cura de doenças, etc.); para a efetivação dos direitos humanos e concretização dos trabalhos criminalísticos (teste de paternidade, banco de dados contendo DNA de criminosos, reconhecimento de criminosos e cadáveres, etc.). Os pesquisadores também explicaram e demonstraram como se realiza o processo de eletroforese de DNA nos testes de paternidade, utilizando para isso o material genético de abelhas.

Por fim, os geneticistas mencionaram sobre a vida pessoal de cada um deles, ressaltando que apesar de serem cientistas, possuíam uma vida normal, disponibilizando tempo para estarem com a família, para os estudos e também para o lazer; falaram sobre a trajetória profissional, destacando que, como os nossos educandos, eles também estudaram em escolas públicas e; relataram sobre a atividade científica, enfatizando que cada um dos alunos poderia contribuir para a construção e crescimento da Ciência, desde que se comprometessem com os estudos e se dedicassem às atividades desenvolvidas pela Ciência.

Percebemos que os estudantes demonstraram forte interesse e contentamento em participar desse momento, pois além deles se envolverem nos trabalhos desenvolvidos ao longo desse encontro e fazerem muitos questionamentos a respeito das pesquisas realizadas pelos geneticistas, sobre as aplicações dos conhecimentos genéticos e sobre os equipamentos do Laboratório de Genética, também evidenciaram admiração pelo trabalho desses cientistas, pela construção e utilização dos conhecimentos genéticos na sociedade. Aliado a isso, os alunos expuseram a vontade de estudar mais sobre os conteúdos científicos de Biologia e trabalhar nas pesquisas desenvolvidas pela Ciência.

É apropriado mencionar que, essa aula foi de grande valia para estudo e discussão de aspectos referentes à Natureza da Ciência, considerando que essa ocasião colaborou para ampliar a compreensão dos estudantes sobre a natureza e construção dos conhecimentos científicos e, sobre as características dos cientistas.

**Figura 8 – Visita ao Laboratório de Genética.****18ª aula: 27/08/12 (Duas aulas)**

Neste encontro, reportamos com aprofundamento às discussões sobre o tema Clonagem, enfocando o emprego da Ciência e Tecnologia para a realização dessa técnica. Com auxílio de uma apresentação em *Powerpoint*, iniciamos essa aula abordando os seguintes pontos: conceituação de clonagem; histórico sobre o surgimento do processo de clonagem; ocorrência de clones naturais; métodos/técnicas de clonagem; clonagem reprodutiva e terapêutica, com destaque para os diversos aspectos da utilização de cada uma dessas modalidades; desenvolvimento das pesquisas nessa área e; os aparatos tecnológicos que possibilitaram o surgimento e a utilização dessa técnica.

Após esse primeiro momento, para instigar a discussão, distribuimos um texto<sup>20</sup> retirado da revista *Superinteressante*, intitulado “*Vai um clone aí?*”, para que os alunos lessem e discutissem coletivamente sobre o conteúdo do mesmo. Escolhemos trabalhar com esse texto, por ele tratar da temática em estudo de forma clara e de fácil entendimento; apresentar reportagens e exemplificações práticas sobre a utilização dessa técnica; expor um embate técnico entre defensores e críticos da

---

<sup>20</sup> Revista Superinteressante. Edição n. 185, fevereiro 2003.

clonagem humana e; evidenciar as discussões travadas entre as comunidades religiosas e científicas, focalizando os aspectos controversos dessa temática.

Esta aula gerou expressivas discussões, pois os alunos possuíam muitas dúvidas e curiosidades acerca da clonagem. Também possibilitou aos educandos uma reflexão mais aprofundada no que diz respeito aos seguintes pontos: uso e perda de embriões; tipos de personalidades apresentadas pelos clones humanos; baixa resistência dos clones a doenças; gênese da vida humana; benefícios e prejuízos da clonagem; ética no processo de clonagem e; sobre o papel da Ciência e Tecnologia no desenvolvimento de condições que favorecem a melhor qualidade de vida da população humana.

Como todas as explanações realizadas, essa aula se concretizou de forma interativa e dialógica, fato que permitiu aos alunos significativa intervenção e participação. Sempre que necessário, eles manifestavam suas dúvidas, questionamentos e conhecimentos referentes ao conteúdo em estudo. As dúvidas mais prevalentes relacionavam-se aos seguintes aspectos: métodos utilizados no processo de clonagem; tipos de células utilizadas nessa técnica; existência de clones humanos; causas da morte de Dolly (primeiro mamífero clonado a partir de uma ovelha adulta); processo de multiplicação das células embrionárias cultivadas em laboratório; diferenciação celular; formação de células, órgãos e tecidos; utilização das células embrionárias no tratamento e cura de doenças e; vantagens/desvantagens do uso das clonagens terapêutica e reprodutiva.

Arriscamos dizer que, o interesse dos estudantes pela clonagem pode está relacionado ao grau de controvérsia assumido por tal conteúdo e ao pouco conhecimento que eles tinham sobre a clonagem.

Ainda nessa ocasião, em complementação aos assuntos estudados, exibimos dois vídeos<sup>21</sup> que demonstravam de forma clara e dinâmica as pesquisas desenvolvidas nessa área, os tipos de clonagem, a utilização das células embrionárias no tratamento de doenças, exemplos práticos de pacientes que estão se beneficiando

---

<sup>21</sup> Vídeo 1. Disponível em: [www.youtube.com/watch?v=8zt61pE7TPc&feature=player\\_detailpage](http://www.youtube.com/watch?v=8zt61pE7TPc&feature=player_detailpage). Acesso em 21/03/2012.

Vídeo 2. Disponível em:

[www.youtube.com/watch?v=\\_KkrGd-jrbE&feature=player\\_detailpage](http://www.youtube.com/watch?v=_KkrGd-jrbE&feature=player_detailpage). Acesso em 21/03/12.

com uso dessas células e, depoimentos de alguns pesquisadores, cientistas e profissionais de saúde que atuam neste campo de pesquisa.

Para finalizarmos, pedimos aos educandos que fizessem um breve comentário sobre o conteúdo dos vídeos apresentados. Atendendo a nossa solicitação, os alunos disseram que os vídeos demonstravam de forma sucinta e dinâmica as discussões realizadas nesse encontro e que não precisava discuti-los, visto que a aula já havia abordado satisfatoriamente sobre o conteúdo dos mesmos. Na sequência, fizeram uma observação sobre suas impressões e sentimentos: eles expuseram que estavam maravilhados com a Genética e destacaram que a cada aula dada, eles se impressionavam com tantos conhecimentos e produtos desenvolvidos pela Ciência e Tecnologia e, com as descobertas sobre o nosso corpo, nossa saúde e sobre o meio ambiente em que vivemos.

### **19ª aula: 29/08/12 (Três aulas)**

Utilizamos essa aula para visitarmos a *Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais* (APAE), instituição que atende pessoas com deficiência intelectual e múltipla, localizada aqui mesmo na cidade de Jequié/BA. Essa APAE foi criada em 20 de setembro de 1979 com o objetivo de defender as causas referentes aos direitos constitucionais dos deficientes e, principalmente, para prestar todo o tipo de assistência social, cultural, terapêutica e educacional às pessoas com necessidades especiais da cidade de Jequié e regiões circunvizinhas. A *Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais* é considerada como uma associação de utilidade pública municipal, estadual e federal e engloba um total de 1993 APAES e entidades análogas a ela filiadas. Na Bahia encontramos apenas 23 federações. Todas as entidades afiliadas as APAEs atendem um total de 243.000 deficientes (fonte: <http://apaejequie.blogspot.com.br/>).

A APAE visitada é composta por diferentes salas, as quais oferecem serviços específicos (fisioterapia, fonoaudiologia, acompanhamento psicológico e educacional); possui projetos que promovem atividades culturais e esportivas (capoeira e dança) e; alguns de seus funcionários desenvolvem, juntamente com os alunos, produtos artesanais e alimentícios que são comercializados para ajudar nas despesas da instituição. Por se tratar de uma entidade filantrópica, conta com auxílio

financeiro de alguns pais e de componentes da comunidade jequiense (como comerciantes) e, da prefeitura municipal de Jequié, que disponibiliza seis funcionários para prestarem serviço à instituição.

Essa atividade teve como objetivos: visitar e conhecer a instituição; promover a interação e proporcionar momentos de convivência entre os nossos estudantes e os alunos da APAE; favorecer aos educandos o conhecimento e interação com portadores de necessidades especiais e por fim; propiciar maior conhecimento sobre algumas síndromes genéticas (nesse caso a síndrome de Down), e sobre o cotidiano das pessoas portadoras dessa síndrome.

Essa ocasião foi muito significativa e enriquecedora para todos nós (alunos e professores/pesquisadores), pois além de oportunizar maior conhecimento sobre os trabalhos desenvolvidos pela APAE e sobre os portadores de necessidades especiais (Figura 9), também nos proporcionou momentos de reflexão que ultrapassaram a esfera dos conteúdos científicos, como por exemplo, as reflexões sobre nossos valores, atitudes e ações.

**Figura 9 - Visita a APAE - Jequié/BA**



Ao mesmo tempo, esse momento nos permitiu valorizar ainda mais o próximo e aceitá-lo como se apresenta, independente das suas limitações ou diferenças, visto que, todos nós somos seres limitados e diferentes uns dos outros. Também nos

comovemos com histórico de vida dos alunos da APAE, sendo a maioria deles oriundo de famílias de baixa renda, muita vezes, desprovido de alimentação e moradia, elementos básica para a nossa sobrevivência e, carentes de amor, afeto e cuidado familiar.

Além disso, soubemos o quanto essa entidade necessita de apoio da sociedade e dos governos (municipal, estadual e federal), pois, apesar de receber auxílio dos pais dos alunos, de alguns comerciantes e da prefeitura de Jequié, essa instituição ainda carece muito de investimentos para ampliar seus trabalhos e desenvolvê-los de forma mais eficaz.

Em se tratando do conhecimento sobre a *Síndrome de Down*, os nossos alunos tiveram a oportunidade de tomar contato com alguns portadores dessa síndrome (Figura 10), conhecer um pouco sobre seu comportamento, algumas características físicas que apontam a presença da síndrome (aparência facial: olhos amendoados, dedos curtos, ponte nasal achatada, língua protrusa, pescoço curto, etc.) sobre as dificuldades cognitivas e físicas que eles apresentam.

**Figura 10 – Aluna da APAE portadora de *Síndrome de Down* (à esquerda).**



Observação: Na fotografia acima temos, obedecendo à ordem da esquerda para direita, as seguintes pessoas: aluna da APAE portadora da Síndrome de Down, professoras da APAE, aluno da APAE portador de necessidades especiais, aluna do Colégio Estadual Maria José de Lima Silveira.

Por fim, não podemos deixar de mencionar que, ao longo da realização da SD, esta foi a atividade que mais despertou momentos de reflexão para os educandos.

### **20ª aula: 31/09/12 (Duas aulas)**

Este momento foi dedicado aos estudos sobre células-tronco. É pertinente ressaltar que durante as discussões sobre Clonagem (18ª aula), citamos brevemente algumas informações sobre as células-tronco. Desse modo, iniciamos essa aula solicitando aos educandos que recapitulassem o que já havíamos estudado anteriormente sobre esse tipo de células. Para a nossa satisfação, os estudantes relataram conhecimentos significativos sobre esse tipo celular: eles disseram que células-tronco são células que podem se diferenciar e constituir diferentes tecidos no organismo e gerar cópias idênticas de si mesmas. Também explicitaram que esse tipo celular pode ser utilizado para curar algumas doenças, como por exemplo, o câncer e reparar lesões. Como vimos, os alunos estão, paulatinamente, conseguindo construir seus conhecimentos de forma aceitável.

Após a recapitulação feita pelos alunos, apresentamos uma reportagem<sup>22</sup> retirada do telejornal brasileiro - Jornal Nacional (produzido e exibido pela Rede Globo) sobre o desenvolvimento de pesquisas com células-tronco realizadas aqui na Bahia e sobre a utilização dessas células no tratamento de lesões. O vídeo apresenta um policial baiano que foi beneficiado com esse tipo de tratamento (reparo de uma lesão na coluna) e os resultados, até então alcançados, pelo paciente com a utilização das células-tronco.

Por conseguinte, fizemos uma breve discussão sobre a reportagem supracitada e iniciamos a nossa aula expositiva dialogada, utilizando para isso, uma apresentação em *powerpoint*, na qual constava os seguintes conteúdos: definição e classificação das células-tronco; funções naturais das células-tronco no organismo humano; local onde são produzidas e onde encontramos esse tipo celular no corpo humano; fatores que tornam as células-tronco capazes de formar diferentes células e tecidos; experimentos realizados com essas células e; uso das células-tronco em tratamento de doenças (lesões de diversos tipos, mal de Alzheimer, mal de Parkinson, paralisia, infarto, retinopatia, cirrose, hepatite, diabetes, queimaduras, artrite e transplantes).

---

<sup>22</sup> Disponível em: [www.youtube.com/watch?v=Oru91xih2sU&feature=player\\_detailpage](http://www.youtube.com/watch?v=Oru91xih2sU&feature=player_detailpage)

Como recursos didáticos que subsidiaram essa aula, utilizamos também um texto<sup>23</sup> que versava sobre algumas pesquisas realizadas com células-tronco e a projeção de um vídeo<sup>24</sup> que demonstrava, de forma clara e dinâmica, a formação das células-tronco e sua utilização em pacientes doentes; os avanços das pesquisas e dificuldades encontradas no desenvolvimento dessa tecnologia; depoimentos de médicos, pesquisadores da área e pacientes que fizeram ou estão fazendo uso desse tipo de tratamento; importância dos avanços tecnológicos para o desenvolvimento das pesquisas e; os fatores éticos que perpassam toda essa discussão.

Após a aula expositiva dialogada e a discussão do vídeo, os alunos fizeram a leitura do texto citado acima, o qual também serviu como embasamento para eles desenvolverem a dinâmica de grupo júri simulado.

A realização do júri simulado foi muito proveitosa. Além de já conhecermos todas as vantagens que essa dinâmica propicia ao aprendizado dos educandos, o cumprimento da mesma favoreceu a ocorrência de significativa participação e envolvimento dos estudantes, oportunizando a discussão e reflexão sobre importantes questões sociocientíficas e éticas referentes ao tema em estudo (uso de embriões em terapias, forma de descarte desses embriões, posicionamento dos grupos religiosos e da Ciência em relação à temática abordada).

Como ocorreu durante a efetivação do primeiro júri simulado que realizamos, os estudantes defenderam seus posicionamentos de forma enfática, com riqueza de argumentos e com evidente contentamento. Eles utilizaram eficazmente os conteúdos abordados no texto e na aula expositiva dialogada para elaborar e apresentarem seus pontos de vistas. Desse modo, percebemos que os estudantes além de demonstrarem conhecimentos satisfatórios no que diz respeito à temática células-tronco, também evidenciaram estarem construindo embasamento que favorecem o exercício da sua cidadania, ao passo que tomaram decisões, expuseram suas opiniões e posicionamentos frente a algumas questões sociocientíficas.

---

<sup>23</sup> Retirado da revista *Veja Online*. Disponível em: [www.veja.abril.com.br/240304/p\\_084.html](http://www.veja.abril.com.br/240304/p_084.html)

<sup>24</sup> Disponível em: [www.youtube.com/watch?feature=player\\_detailpage&v=7dL3cxeeYBI](http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=7dL3cxeeYBI)



**21ª aula: 03/09/12 (Três aulas)**

Como esse seria o nosso último momento de aula, apresentamos o filme *Gattaca*<sup>25</sup> que trata da racionalização da importância da Genética para a população humana. O filme sublinha que cada pessoa é o resultado das interações complexas entre o seu patrimônio genético e o meio ambiente e que, num futuro próximo, a análise das características genéticas poderia determinar o *potencial* do indivíduo para atuar nos diferentes âmbitos sociais, ou seja, a classe social que um determinado indivíduo irá pertencer, poderia ser definida pelo seu DNA. Preocupações sobre as tecnologias reprodutivas que facilitam a eugenia e as possíveis consequências de tais desenvolvimentos científico-tecnológicos para a sociedade também são discutidas.

Como visto, esse filme foi um excelente instrumento de apoio para discutirmos sobre a atuação da Ciência-Tecnologia em nossa sociedade; para abordamos o cientificismo como instrumento de poder e dominação entre as diferentes comunidades sociais e; para auxiliar na construção de pensamentos reflexivos e críticos dos alunos em relação ao desenvolvimento científico e tecnológico.

Ao final da projeção, solicitamos que os estudantes apresentassem as reflexões que construíram a partir da exposição do filme. A maioria deles revelou que apesar do filme demonstrar tempos futuros, a rapidez com que os avanços científicos e tecnológicos ocorrem, esse futuro não parece estar tão distante, pois muitas análises já podem ser feitas com o nosso material genético e, muito sobre nós já se pode conhecer por meio dessas análises (como doenças, mutações genéticas, deficiências, etc.). Prosseguiram relatando sobre a influência do meio ambiente para a formação das características dos seres humanos e para a formação da personalidade de cada indivíduo; complementaram essa afirmação dizendo que, apesar dos fatores genéticos determinarem os caracteres das pessoas, o meio também exerce forte influência sobre os mesmos. Abordaram sobre a importância dos avanços científicos e tecnológicos utilizados para a promoção da saúde e o bem-estar da população humana; sobre os interesses políticos, mercadológicos e pessoais que regem a utilização dos conhecimentos científico-tecnológicos e mencionaram a importância

---

<sup>25</sup> **Gattaca - Experiência Genética.** Direção: Andrew Niccol, Produção: Danny DeVito, Michael Shamberg, Stacey Sher. Estados Unidos. 1997. 106 min.

de conhecermos esses assuntos para nos instrumentalizarmos para o exercício da cidadania.

Feito isso, concluímos a aula sem muitos comentários. Apenas complementamos as falas dos educandos ressaltando a importância da Ciência e Tecnologia para o desenvolvimento da nossa sociedade e a relevância de partilharmos com outras pessoas os conhecimentos construídos ao longo da SD, para que juntos pudéssemos cooperar para construção de uma sociedade mais justa e igualitária.

### **22ª aula: 11/09/12 (Duas aulas)**

Nesse último encontro, realizamos uma avaliação coletiva das aulas, uma entrevista com um pequeno grupo de alunos (seis alunos) e com a professora regente e, aplicamos o questionário (cf. Apêndice G, p. 230) para todos os educandos.

Também distribuimos para todos os estudantes da escola, o “Jornal da Ciência” (Anexo 13, p. 304) produzido pelos nossos alunos. O jornal trazia informações sobre o surgimento da Genética, suas aplicações, riscos e problemas que a utilização dos conhecimentos científico-tecnológicos poderiam causar à humanidade e ao meio ambiente.

Planejamos a concretização dessa atividade com o objetivo de propiciar aos alunos o exercício da escrita e a organização das ideias, exercitar o senso crítico; articular os conceitos científicos e tecnológicos com os fatores sociais e; expressar os conhecimentos dos mesmos em relação à temática abordada. Entretanto, o referido jornal apesar de trazer informações importantes sobre a Genética, parece ter sido construído por meio de recortes de trabalhos retirados da internet e sem nenhuma preocupação por parte dos educandos em apresentar um trabalho próprio, embasado pela literatura específica, mas contendo também a opinião dos mesmos em relação às implicações da utilização dos conhecimentos genéticos para a sociedade. Como justificativa para tal constatação, os alunos relataram sentir muita dificuldade em realizar esse tipo de atividade, pois, não estavam acostumados a desenvolver trabalhos em grupo, já que havia uma distância considerável entre as residências de cada um, fato que dificultava as reuniões para realizar os trabalhos; também mencionaram a falta de computador para realizarem a pesquisa e escreverem o texto

e, por fim; expuseram que pouquíssimas vezes foram orientados a realizarem o exercício da escrita, leitura e produção textual como resumos, resenhas, redação, entre outras.

Em meio às dificuldades dos estudantes, foi significativa a realização de tal atividade, pois o “Jornal da Ciência” trouxe informações importantes sobre a Genética, como por exemplo, o histórico do surgimento dessa área; algumas contribuições da utilização dos conhecimentos genéticos para melhoria da qualidade de vida dos seres humanos e; alguns benefícios, riscos e prejuízos do uso desses conhecimentos para a população humana e ao meio ambiente. Isso nos dá indícios que os alunos conseguiram construir algum conhecimento em relação ao tema proposto.

### **3.3 – Categorias para análise dos resultados**

Antes de apresentarmos as categorias de análise dos resultados, é importante ressaltar aqui, corroborando com Bogdan e Biklen (2010) e reafirmando o que apresentamos no Capítulo 2, que compreende os aspectos metodológicos dessa investigação, que constituímos o conteúdo das observações de campo por meio de uma parte descritiva e uma parte mais reflexiva.

A parte descritiva, ainda de acordo os referidos autores, compreende um registro detalhado do que ocorre no campo, ou seja, descrição dos sujeitos, reconstrução de diálogos, descrição de locais, de eventos especiais, das atividades e o comportamento do observador. Como vimos, essa parte da investigação foi apresentada nas seções anteriores, nas informações iniciais deste capítulo e anteriormente ao longo do Capítulo 2.

No que diz respeito à parte reflexiva das observações, segundo Bogdan e Biklen (2010), esta inclui as observações pessoais do pesquisador, feitas durante a fase de constituição dos dados: suas especulações, sentimentos, problemas, ideias, impressões, pré-concepções, dúvidas, incertezas, surpresas, decepções. No nosso caso, apesar de evidenciarmos sucintamente algumas reflexões durante a descrição das atividades desenvolvidas ao longo da SD, essas serão apresentadas

posteriormente, com maior aprofundamento, a luz das categorias de análise dos dados.

Como mencionado anteriormente, analisaremos os dados constituídos na pesquisa com base em seis categorias pré-definidas (Articulação da tríade CTS, Natureza da Ciência, Metodologia e recursos didáticos empregados, Perspectivas dos alunos sobre o processo de ensino-aprendizagem desenvolvido, Perspectivas da professora regente também sobre o processo desenvolvido, Perspectivas da professora/pesquisadora sobre o processo de ensino-aprendizagem desenvolvido). As seis categorias são descritas a seguir:

**i) Articulação da tríade CTS:**

Nesta categoria objetivamos analisar a articulação da tríade CTS durante a concretização do programa definido para a SD. Em relação a esse processo de articulação, o conteúdo de Ciências é abordado no contexto do seu meio tecnológico e social, isto é, os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos (TEIXEIRA, 2003a; SANTOS, 2005; STRIDER, 2008).

É importante comentar que esse tipo de intervenção CTS não compromete o ensino dos conteúdos científicos definidos pelo currículo de Biologia tradicional, pois esses aspectos continuam sendo estudados, mas, em função de questões examinadas pelo coletivo da classe (SANTOS; SCHNETZLER, 2000; TEIXEIRA, 2003b).

**ii) Natureza da Ciência:**

Neste espaço, discutiremos aspectos relacionados à introdução das perspectivas históricas, filosóficas e sociológicas da Ciência no ensino de Genética. Para isso, refletiremos sobre as atividades referentes ao estudo da Natureza da Ciência desenvolvidas durante a SD e os resultados alcançados por meio do estudo dessa natureza.

**iii) Metodologia e recursos didáticos empregados:**

Reconhecendo que a aprendizagem é indissociável do processo de ensino, a mediação docente e a metodologia de ensino utilizada se configuram como

ferramentas significativas para construção dos conhecimentos dos alunos. Desta forma, desde o momento da elaboração da SD procuramos dar atenção especial à metodologia e aos recursos didáticos empregados, pois, diferentemente do ensino tradicional difundido em nossas escolas, buscamos oferecer aulas que prezassem pela dinâmica metodológica, com riqueza de recursos didáticos e que desenvolvessem uma abordagem interativa e dialógica. Nesse sentido, esta categoria objetivou avaliar de que forma estes aspectos impactaram o processo de ensino-aprendizagem desenvolvido durante a realização da SD.

**iv) Perspectivas dos alunos sobre o processo de ensino-aprendizagem desenvolvido:**

Nesta categoria apresentamos as percepções dos estudantes a respeito das atividades concretizadas ao longo das aulas. Para isso utilizamos as observações sistemáticas realizadas em todo processo pela professora/pesquisadora, os questionários aplicados a todos os estudantes e os depoimentos de alguns alunos recolhidos por meio de entrevistas e grupo focal.

**v) Perspectivas da professora regente sobre o processo de ensino-aprendizagem desenvolvido:**

Nesta categoria abordamos as percepções da professora regente da turma sobre a utilização da abordagem CTS no ensino de Biologia. Para isso, utilizamos uma entrevista para recolhemos seu depoimento sobre o processo.

É importante mencionarmos que a referida professora é licenciada em Ciências Biológicas, faz parte do quadro efetivo do Colégio Estadual Maria José de Lima Silveira e contribuiu significativamente para o desenvolvimento das atividades concretizadas. Em relação à participação da mesma nos trabalhos desenvolvidos durante o processo de intervenção, podemos afirmar que a professora, além de assistir a maioria das aulas realizadas (90%), também nos subsidiou no desenvolvimento das atividades pedagógicas (sugestões de atividades didáticas que poderiam incitar maior participação dos estudantes) e nos trabalhos de mecanografia (produção de materiais pedagógicos que seriam empregados durante as aulas como xerox e impressão de textos).

**vi) Perspectivas da professora/pesquisadora sobre o processo de ensino-aprendizagem desenvolvido:**

Discutiremos as percepções da professora/pesquisadora sobre a sua atuação durante a aplicação da abordagem CTS no ensino de Biologia e sobre a utilização dessa abordagem em sala de aula. Como na categoria anterior, aqui também utilizamos as observações sistemáticas realizadas ao longo do processo pela professora/pesquisadora.

### **3.4 - Discussão das categorias de análises dos dados**

**i) Articulação da tríade CTS:**

Vale assinalar que, nesta categoria, objetivamos analisar até que ponto conseguimos articular concretamente a tríade CTS durante o desenvolvimento do programa definido para a SD. Como já afirmamos anteriormente, no processo de articulação das três dimensões característico do ensino CTS, os conteúdos de Ciências são estudados em conjunto com aspectos tecnológicos e sociais (TEIXEIRA, 2003a; SANTOS, 2005; STRIDER, 2008).

Nessa direção, Santos e Schnetzler (1997) abalizam que os pressupostos do enfoque CTS determinam que as discussões sejam geradas em torno de temas ou temáticas, já que estas evidenciam as inter-relações dos aspectos das interações CTS e propiciam condições para o desenvolvimento de atitudes de tomada de decisão dos alunos (SANTOS; SCHNETZLER, 1997; STRIEDER, 2008). Isso equivale à introdução de questões sociocientíficas no ensino de Ciências com a finalidade de encorajar os estudantes a relacionar suas experiências escolares em Ciências com problemas existentes em seu cotidiano e desenvolver responsabilidade social.

Ao mesmo tempo, a introdução das questões sociocientíficas no ensino de Ciências também ajuda a despertar o interesse dos educandos pela Ciência; favorece a cultura de participação dos alunos nas aulas, já que oferece oportunidade para expressarem suas opiniões, argumentos e dúvidas sobre os temas em estudo e; desenvolve o raciocínio com maior exigência cognitiva, auxiliando a aprendizagem de conceitos científicos e de aspectos relacionados à natureza da Ciência (SANTOS; MORTIMER, 2009).

Em nosso caso, estudamos os conteúdos de Genética conjugado com os temas sociocientíficos relacionados à utilidade, interesses, experiências e saberes dos estudantes. Para isso, utilizamos as seguintes questões sociocientíficas: Genética e Saúde, produção e uso de Organismos Geneticamente Modificados (OGMs), Clonagem, Células-Tronco, etc.

Em alguns depoimentos, os alunos demonstraram reconhecer esse trabalho de articulação da tríade CTS desenvolvido durante a realização da SD:

*“Eu acho que eu consegui relacionar a Ciência-Tecnologia-Sociedade, eu acho que sim, eu acho que muita coisa sabe, que ficava na sua cabeça, é tipo fechada em relação à Ciência, agora tá muito, muito mais aberta e tal, e, percebi que aprendi muita coisa, muito mesmo! Tá tudo interligado e tá tudo junto, não tem como separar a Genética da vida cotidiana” (aluno 1).*

*“Sim professora! Eu consegui relacionar a Ciência, Tecnologia e Sociedade porque, agora, eu consigo ver que tá tudo interligado. A Ciência, a Tecnologia e a Sociedade, são interdependentes. Assim ó, por exemplo, tudo que a Ciência e a Tecnologia produzem é para a nossa sociedade e a sociedade depende delas para se desenvolver também. Quase tudo da nossa vida, que a gente usa, vem da Ciência e da Tecnologia né? Como a gente viu, elas estão na produção dos alimentos, na saúde, nos produtos tecnológicos, em tudo né professora?” (aluno 5).*

*“Assim, apesar dos cientistas fazerem as coisas, às vezes boa né, pro ser humano, eu discordo em muita coisa porque às vezes eles pensam em fazer é, tipo, mudar alguma coisa, e aí, não pesam muitas vezes nas consequências que vai trazer pra gente né? Muitas vezes, não fala se a clonagem é ruim, se os alimentos transgênicos podem causar doença, só mostra o que é bom. Assim, a gente vê que a Ciência e Tecnologia está no nosso dia a dia, como a gente discutiu na aula. Por isso, a gente tem que entender que esses assuntos da Ciência e Tecnologia está na nossa vida e temos que conhecer sobre isso para decidir se a gente quer usar ou não né? Se a gente não conhecer os outros vão decidir por nós e nem sempre a decisão é para o nosso bem., ” (aluno 1)*

*“É, acredito que sim, que consegui relacionar os assuntos da Genética com a tecnologia e a sociedade, porque como falava mesmo e tal, a Genética, essa onda de clone mesmo que pra muitas pessoas é um bicho de sete cabeças, mas agora depois dessas aulas a gente entendeu que não é uma coisa assim tão perplexa que nem o povo pensa e faz parte da nossa vida né? É..., sobre alimentos transgênicos também que todo mundo pensa que é uma coisa ruim, mas tá no cotidiano de todo mundo. Às vezes as pessoas até consomem sem saber. Então é uma coisa que ficou bem, bem fácil mesmo pra gente entender depois dessas aulas e também pra gente saber o que deve fazer, assim, por exemplo, eu agora vou procurar os alimentos que tiverem o “tezinho” na embalagem, se tiver eu não quero não (risos), agora a gente pode escolher se quer ou não consumir ”(aluno 3).*

*(Depoimentos recolhidos na entrevista)*

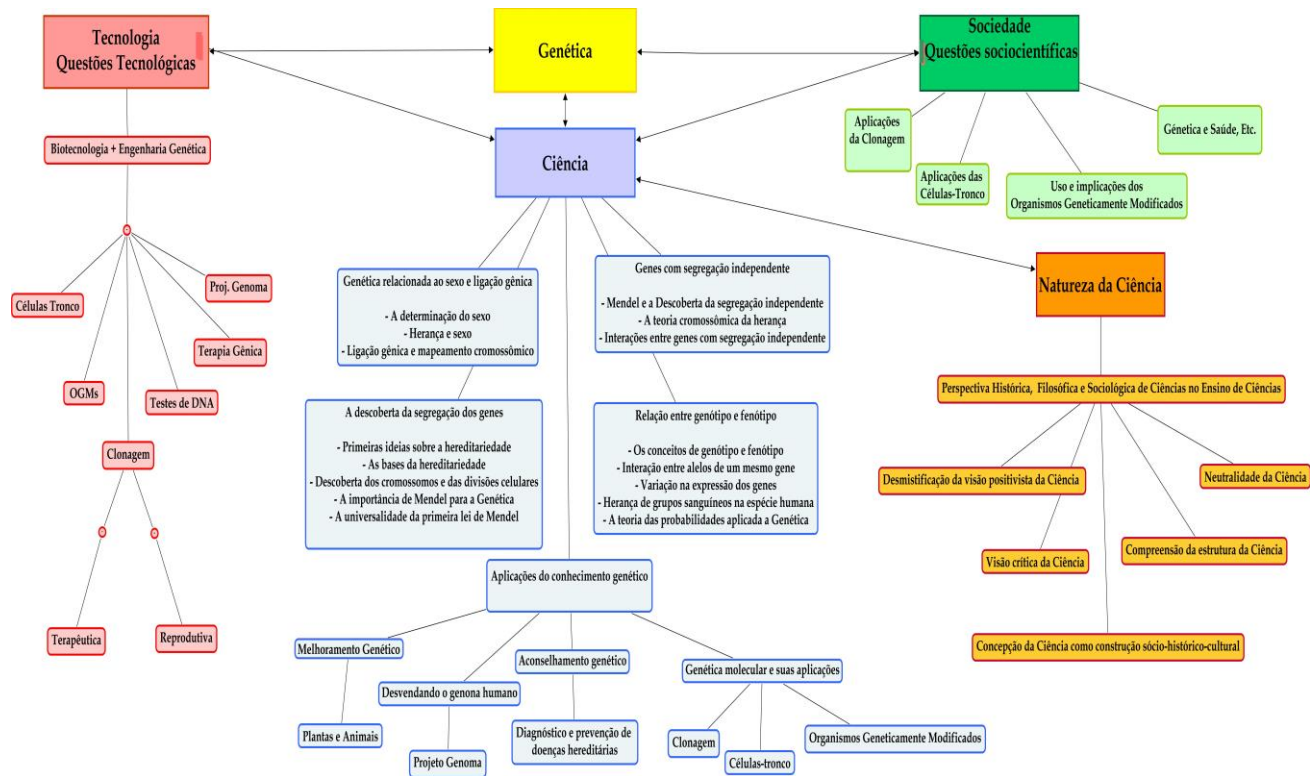
É pertinente ressaltar que, corroborando com Bogdan e Biklen (2010), a tarefa analítica, ou seja, a tarefa de interpretar e tornar compreensíveis os materiais recolhidos é significativo quando alguém se envolve num projeto de investigação. Para que isso seja realizado de forma eficaz, é necessário, ainda de acordo com os referidos autores, lançar mão de alguns artefatos e procedimentos, como por exemplo, o uso de auxiliares visuais como diagramas, matrizes, tabelas, gráficos,

entre outros. Esses instrumentos auxiliam a visualizar aspectos que são difíceis de atingir através de palavras e permite também apresentar mais facilmente os resultados a outras pessoas (BOGDAN; BIKLEN, 2010).

Nesse sentido, tivemos a preocupação de demonstrar os dados constituídos e as atividades executadas ao longo desse trabalho por meio de diversas formas e instrumentos, por entendermos que facilitaremos a compreensão do leitor. Ainda dentro dessa proposta, apresentaremos abaixo (Figura 11) um esquema ilustrativo evidenciando as inter-relações CTS estudadas durante a SD e, na sequência um gráfico (Gráfico 1) demonstrando a prevalência das instâncias CTS abordadas a cada encontro.



Figura 11: Ilustração das inter-relações CTS estudadas durante a Sequência Didática



Elaboramos essa ilustração (Figura 11) com intuito de apresentarmos, de maneira sintetizada e de fácil entendimento, os aspectos trabalhados nas três dimensões CTS e a forma como articulamos essa tríade durante o desenvolvimento da SD.

Com o auxílio da figura 11, podemos notar que, ao implementarmos a SD conseguimos articular as três instâncias características do ensino CTS, ou seja, a programação executada ao longo da SD permitiu o estudo dos conteúdos científicos e tecnológicos associados as discussões históricas, filosóficas, sociológicas, éticas, políticas e socioeconômicas. Para isso, abordamos os assuntos de Genética interligados com discussões de temáticas sociais (Genética e saúde, produção e uso dos Organismos Geneticamente Modificados, Clonagem, Células-tronco, etc.), de aspectos e questões tecnológicas envolvidos na construção e aplicação dos conhecimentos genéticos (Biotecnologia e Engenharia Genética - Células - tronco, OGMs, Projeto Genoma, Terapia Gênica e Testes de DNA) e de questões sobre a Natureza da Ciência (perspectiva histórica, filosófica e sociológica da Ciência, desmistificação da visão positivista da Ciência, neutralidade da Ciência, visão crítica da Ciência, compreensão da estrutura da Ciência e concepção da Ciência como construção sócio-histórico-cultural). Essas discussões nos possibilitaram articular a tríade CTS e colaborar para a construção de conhecimentos mais amplos por parte dos educandos.

De forma complementar, o gráfico abaixo (gráfico 1) apresenta a prevalência das dimensões CTS a cada encontro realizado durante a SD.

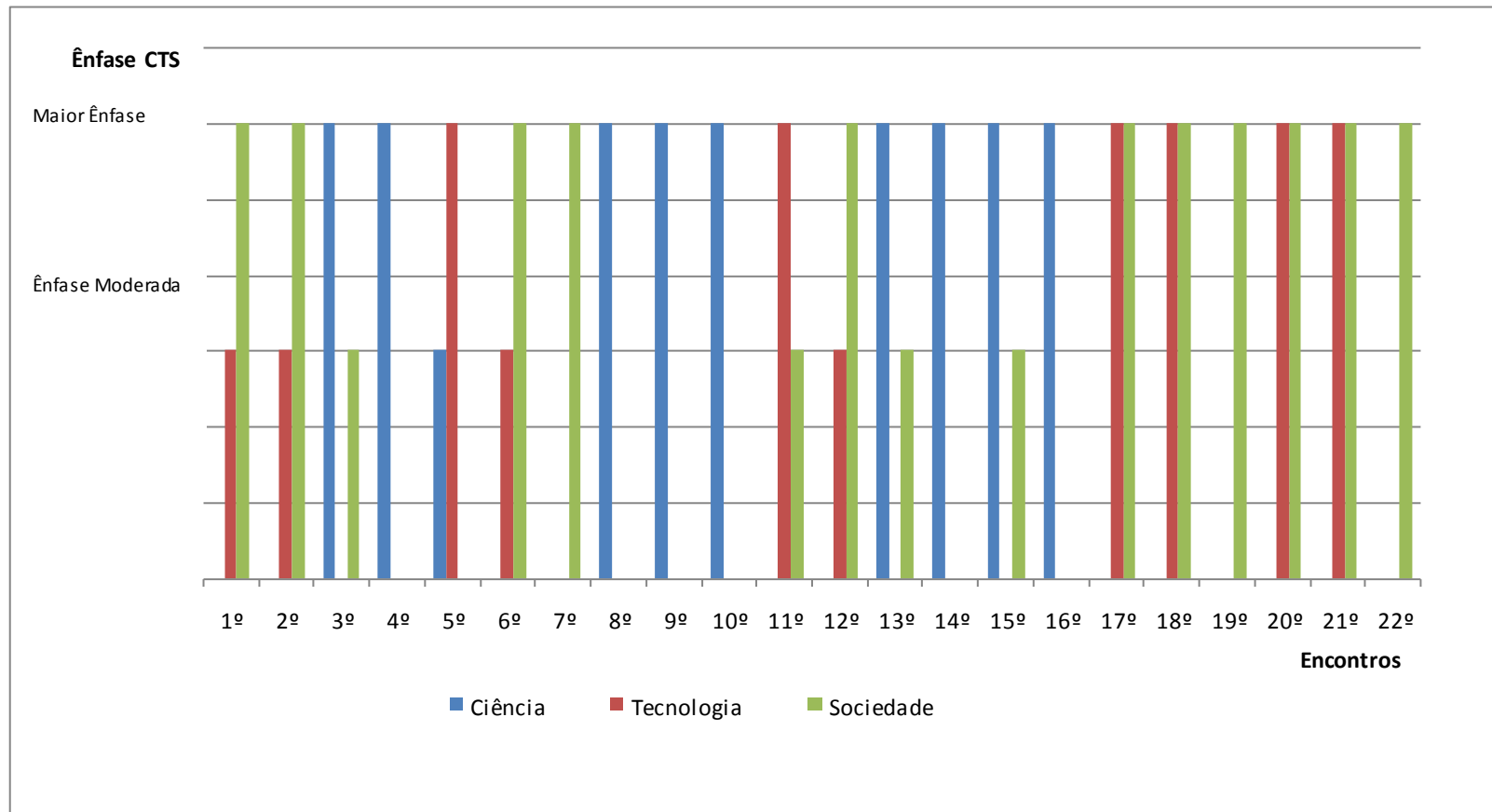


Gráfico 1 - Dinâmica das três dimensões da tríade CTS ao longo dos 22 encontros da sequência didática.

O Gráfico 1 é um instrumento elaborado ainda de forma provisória para avaliar a oscilação das três dimensões CTS ao longo da SD; ele será aprimorado posteriormente, mas mesmo assim, já nos permite observar a estrutura geral da SD, e é possível notar que nos 22 encontros executados há variações na ênfase dada a cada dimensão da tríade CTS.

Quando as colunas que representam cada dimensão atingem o limite superior (maior ênfase) significa que, naquele determinado momento, muita ênfase foi atribuída àquela determinada dimensão. É o caso da dimensão Sociedade (colunas em verde) no primeiro encontro. Como propusemos no primeiro momento apresentar aos alunos questões sociais que tinham contato com aspectos da Genética, essa foi uma dimensão muito explorada neste primeiro contato com os estudantes. Questões tecnológicas (dimensão da Tecnologia, em colunas vermelhas) também apareceram no primeiro encontro, mas com menor ênfase, mais em caráter ilustrativo, enquanto que a dimensão da Ciência (colunas em azul) não foi explorada no início da SD, e por isso a respectiva coluna não aparece para o 1º encontro. O gráfico tem que ser interpretado dentro dessa dinâmica.

Examinando o gráfico percebemos que na maior parte das aulas conseguimos criar momentos de discussão inter-relacionando os aspectos científicos, tecnológicos e sociais concomitantemente (59%), entretanto em alguns momentos houve a prevalência de determinadas instâncias e/ou a falta de discussão sobre algumas delas.

Assim, podemos observar que durante nove encontros (3º, 4º, 8º, 9º, 10º, 13º, 14º, 15º e 16º) houve a prevalência de estudos voltados para conteúdos científicos; em sete deles ocorreram discussões com maior ênfase nos aspectos sociais (1º, 2º, 6º, 7º, 12º, 19º e 22º); e finalmente, em dois encontros, observamos a prevalência de discussões sobre as questões tecnológicas (5º e 11º).

Ademais, em quatro deles, discutimos com igual ênfase os aspectos sociais e tecnológicos (17º, 18º, 20º, 21º). Também podemos observar que somente em seis encontros (4º, 8º, 9º, 10º, 14º e 16º encontros) os conteúdos genéticos foram estudados de forma específica sem abordar consideravelmente as instâncias Tecnologia-Sociedade.

Parece-nos que o gráfico é um bom indicador para avaliarmos o desenvolvimento programático da SD, mostrando por um lado, que é quase impossível trabalhar o tempo todo dando igual peso de tratamento para as três dimensões da tríade CTS. Por outro lado, é possível verificar que a tríade é contemplada ao longo da SD, confirmando que construímos aulas que, em seu conjunto, inter-relacionaram as questões científicas, tecnológicas e sociais, como defende a literatura vinculada à educação CTS.

Outro dado importante para ser apresentado, refere-se às discussões geradas a partir da abordagem dos temas sócio-científicos introduzidos nas aulas de Genética. Tais discussões foram pertinentes e significativas para seguirmos em direção ao alcance dos objetivos propostos pelo enfoque CTS. Dentro dessas discussões, destacamos os seguintes pontos: fatores políticos, históricos e sociais envolvidos no surgimento da Genética; análise geral sobre a construção coletiva dos conhecimentos científicos; acertos e erros da Ciência referentes à construção de tais conhecimentos; importância da parceria Ciência-Tecnologia-Sociedade para a construção da Ciência; benefícios dos conhecimentos científicos para a promoção da saúde e bem estar social; riscos e prejuízos associados à utilização dos conhecimentos científico-tecnológicos; apresentação da Ciência como atividade humana; importância e implicações do Projeto Genoma para a sociedade; biotecnologia - engenharia Genética - análise geral sobre a técnica de fertilização *in vitro*, importância da utilização do DNA em testes de paternidade, melhoramento genético de plantas e animais, organismos transgênicos, bioengenharia ou tecnologia do DNA recombinante, Clonagem, células-tronco, terapia gênicas - implicações da manipulação Genética para a sociedade e para os seres humanos; discussão crítica sobre o método científico numa perspectiva de crítica ao pensamento positivista; o distanciamento entre a produção da Ciência e o ensino de conhecimentos científicos; as implicações desse distanciamento para a aprendizagem dos educandos e o interesse dos mesmos nas áreas científicas e; apresentação das pesquisas genéticas desenvolvidas na UESB.

Em outras palavras e de maneira mais abrangente, apresentamos e discutimos sobre a importância, utilização e riscos que o uso dos conhecimentos genéticos poderiam causar a nossa sociedade e ao meio ambiente; sobre os avanços

tecnológicos relacionados à aplicação desses conhecimentos; desenvolvimento, aplicação e divulgação dos conhecimentos científicos; importância do trabalho conjunto da Ciência e Tecnologia; desenvolvimento das pesquisas genéticas realizadas no mundo inteiro; opiniões de especialistas a respeito da utilização da Genética e; implicações das ações do homem em manipular a natureza.

Corroborando com a literatura CTS, percebemos que a introdução de temas sócio-científico-tecnológico colabora para a concretização de relevantes momentos de discussão e interação. Foi notório que as ocasiões que despertavam maior interesse e participação dos estudantes estavam relacionadas às atividades envolvendo as discussões desses temas sociais. Até os alunos mais calados e introvertidos, nesses momentos, interagiam, participavam e expunham seus pontos de vista de forma ativa.

Em se tratando da aprendizagem dos estudantes, podemos afirmar que durante as discussões proporcionadas nas aulas, na realização da simulação de Júri, nas análises e discussões dos textos e dos vídeos, e nas produções de textos, eles demonstraram de forma satisfatória, que a partir da articulação da tríade CTS, entraram em contato com uma série de conteúdos, começaram a construir algumas reflexões mais aprofundadas sobre diversos assuntos sociocientíficos, discutiram diferentes argumentos sobre questões controversas, ampliaram seus conhecimentos e evidenciaram estarem construindo conhecimentos que os levarão a desenvolver algumas ações conscientes frente a alguns desafios impostos pela contemporaneidade. Alguns depoimentos ratificam tal afirmação:

*“Agora a gente conseguiu entender como a Ciência e a Tecnologia fazem parte do nosso cotidiano. Antes a gente via os conteúdos de Genética e achava muito difícil e parecia que tava muito distante, hoje não, é, é, hoje a gente sabe né? que esses conhecimentos interferem na nossa vida. Assim, por exemplo, agora a gente sabe que nem tudo que é produzido pela Ciência é bom. Tem coisa boas e ruins né?. Assim, a gente come muito alimento transgênico maaas... até as aulas da senhora eu não sabia nem o que era essas coisa, agora não, agora eu posso, como a senhora falou, escolher se quero ou não comer, porque eu já sei os riscos que isso traz. A ciência ficou mais fácil de aprender porque a senhora, é, é, ensinou com as coisas da nossa vida, né?” (aluno 2)*

*“Eu acho que consegui relacionar a CTS. Nos textos, nos filmes e nas aulas mesmo, tipo assim, a gente conseguia discutir os assuntos da Ciência com envolvimento da Tecnologia. Os filmes também mostraram muito a Ciência, as tecnologias, como inclui junto, tipo assim, a Ciência e a Tecnologia tem bastante haver, porque elas estão interligadas, uma depende da outra e a gente também precisa delas. Muitas coisas que facilitam a nossa vida são produzidos pela Ciência e Tecnologia, na saúde mesmo, a gente viu sobre as células-tronco, cura de câncer, essas coisa todas, mas também, tipo assim, nem tudo é bom pros seres humanos, matar os embriões, por exemplo é ruim. Tem muita coisa*

*que a Ciência também faz para ganhar dinheiro e não pensa nos pobres, né? Tem o lado bom e o ruim né professora?" (aluno 6)*

*"Consegui relacionar a Ciência, Tecnologia e Sociedade professora! Agora assim, eu tenho uma ideia assim de como é, como a Tecnologia é usada na Ciência, a gente teve experiências de ter contato com instrumentos tecnológicos nas nossas visitas na UESB, é foram muito assim, acrescentou bastante no meu conhecimento. É também assim, me ajudou a relacionar esses três temas é, Ciência, Tecnologia e Sociedade e também a me policiar né, no que eu iria fazer também, no caso dos avanços científicos e tecnológicos, a gente tem que olhar pra tudo com uma visão crítica, tem sempre os interesses né, nem tudo que a Ciência e Tecnologia faz é pro nosso bem, as vezes traz uma série de problemas. A gente não deve aceitar tudo sem analisar os prós e os contras né? No caso dos alimentos transgênicos foram assim, eu mesmo em casa só ando olhando os rótulos, o "tezinho"<sup>26</sup>. No mercado eu chego assim, olho se tem o T, assim, eu comprei esses dias, mas eu não tinha visto, depois que eu tava comendo que eu fui ver, mas agora eu me policio mais, já tenho assim, minha mãe em casa já sabe, já passei pra meus amigos e tal, quem tá próximo de mim eu já falo entendeu? Pra ir alertando eles também e, tipo assim, pra eles terem um conhecimento crítico em relação a isso, sobre as coisas que a Ciência e Tecnologia produzem e, também me ajudou a isso né, ter um pensamento crítico em relação a Ciência e a Tecnologia, e não aceitar tudo que impõe pra gente, impõe entre aspas" (aluno 4)*

*(Depoimentos recolhidos na entrevista)*

Ao trazer o mundo da vida para o mundo da escola (AULER, 2007), isto é, trazer questões de relevância social e da realidade dos alunos para sala de aula, possibilitamos relevantes momentos de discussão e interação, constituição de novos conhecimentos e de novas práticas e de valores democráticos. Ousamos apresentar tal declaração por termos realizado essas discussões não somente sob a luz dos conhecimentos científicos e tecnológicos, mas também, sob as dimensões ética, moral, ambiental, política, econômica, histórica, filosófica, cultural e social.

No que diz respeito a novas práticas e valores democráticos, os depoimentos acima também trazem evidências de que os educandos estão começando a construir uma visão mais crítica sobre a Ciência e Tecnologia e a desenvolver algumas ações, antes não praticadas, como por exemplo, o poder de decisão e escolha sobre o uso dos produtos fabricados pela Ciência e Tecnologia, fato que podemos considerar como ações iniciais em direção a tomada de decisões mais amplas sobre assuntos sócio-científico-tecnológicos reinantes na nossa sociedade.

Um item que também merece ser salientado está relacionado à ressignificação do conhecimento por parte dos estudantes, no que diz respeito à Tecnologia. No início de nossos trabalhos, os estudantes explicitaram um conhecimento superficial e esparso sobre a Tecnologia, quando definiram tecnologia como sendo uma das

---

<sup>26</sup> Refere-se ao símbolo obrigatório que deve estar presente nos rótulos de produtos feitos a partir de alimentos transgênicos.

aplicações da Ciência, ou seja, nas concepções deles os elementos tecnológicos serviam apenas para materializar os avanços científicos. Entretanto, ao realizarmos esse trabalho de articulação CTS, pudemos apresentar aos alunos uma compreensão mais ampla referente à temática abordada: demonstramos para eles que a Tecnologia se configura como um empreendimento humano, entendido como o estudo do artificial e produtor de saberes específicos, possui uma estreita relação com os saberes científicos e que, com efeito, constitui uma de suas características principais (RICARDO; CUSTÓDIO; MIKAEL JUNIOR, 2007).

Nesse sentido, apresentamos a Ciência-Tecnologia como atividades próprias dos seres humanos, específicas e distintas, embora indissociáveis. Ressaltamos a importância de compreender o funcionamento dos aparatos tecnológicos, das implicações sociais da Ciência e Tecnologia, de manejar os produtos científico-tecnológicos que estão em nossa volta e de desenvolver condições para entender que se estabelecem relações de interesses e de poder a respeito de seu uso (RICARDO; CUSTÓDIO; MIKAEL JUNIOR, 2007).

É apropriado mencionar nessa ocasião que, quando comparamos as aulas tradicionais de Ciências com a proposta implementada nesse trabalho, notamos que as aulas tradicionais enfatizam os conteúdos científicos, na maioria das vezes, sem vinculação nenhuma com o contexto tecnológico e social, enquanto na nossa sequência didática, as dimensões tecnológicas e sociais ganham notoriedade e, mesmo assim, não menosprezamos os conteúdos trabalhados no Ensino de Genética.

Em suma, ao realizarmos a SD conseguimos discutir, em conjunto com os estudantes, temas/questões sociocientíficas de relevância social e próximas à realidade que os cerca; estimular a curiosidade epistemológica e o engajamento dos alunos nas atividades propostas, potencializando assim a aprendizagem e a emergência progressiva de uma cultura de participação (TEIXEIRA, 2003a; SANTOS, 2005; STRIDER, 2008, 2010; SANTOS; SCHNETZLER, 1997; SANTOS; MORTIMER, 2009; SILVA, OLIVEIRA, QUEIROZ, 2011). Também oportunizamos aos estudantes revisitarem alguns assuntos estudados durante o ensino médio e aprenderem vários conteúdos de Genética.



## ii) Categoria Natureza da Ciência

Nas últimas décadas, a necessidade de incorporar elementos históricos e filosóficos no ensino de Ciências é amplamente apontada pela literatura especializada na área devido à crise do ensino contemporâneo de Ciências, confirmada pela evasão de alunos e de professores das salas de aula e pelos altos índices de analfabetismo em Ciências (MATTHEWS, 1995).

Numerosas e concordantes análises sobre o ensino de Ciências têm evidenciado que essa crise está, entre outros fatores, relacionada às visões transmitidas por esse ensino que se afastam notoriamente da forma como se constroem e evoluem os conhecimentos científicos. Visões empobrecidas e distorcidas, muitas vezes geram o desinteresse ou até mesmo o abandono, de muitos estudantes e se convertem num entrave para a aprendizagem (CACHAPUZ, et al., 2005).

Nesse sentido, muitos autores (ANGOTTI; AUTH, 2001; CACHAPUZ, et al., 2005; MORAES; ARAÚJO, 2012) assinalam, como um dos requisitos inquestionáveis para sanar essa deficiência e promover a educação científica dos estudantes, a necessidade de introdução de questões sobre a Natureza da Ciência (NdC) no ensino de Ciências e modificar a imagem da Ciência que os professores possuem e transmitem (CACHAPUZ, et al., 2005).

Igualmente, os estudos CTS têm atribuído papel importante para os aspectos históricos e epistemológicos da Ciência e a interdisciplinaridade na alfabetização em Ciências e Tecnologia. Eles indicam a necessidade de explorar os conhecimentos sob um caráter mais vasto, contemplando uma reflexão crítica imbricada. É preciso contrastar as visões oficiais presentes nos sistemas de ensino e constituir uma fonte de visões alternativas para o ensino (ANGOTTI; AUTH, 2001).

Em outras palavras, a educação CTS orienta a apresentação de uma abordagem de Ciência em sua dimensão ampla, em que são discutidos muitos outros aspectos além da natureza da investigação científica e do significado dos conceitos científicos como, por exemplo, questões de natureza filosófica, sociológica, histórica, política, econômica, humanista e social vinculadas a Ciência (SANTOS; MORTIMER, 2000).

Diante dessa necessidade e da relevância do papel desempenhado pela História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino e aprendizagem das Ciências, nos propomos a tratar em nossas aulas alguns aspectos históricos e filosóficos da Ciência, abordando de forma geral a Natureza da Ciência.

Apesar de trabalharmos essa temática ao longo de várias aulas, reservamos alguns momentos específicos para discutirmos de forma mais aprofundada esses assuntos. Em relação a tais ocasiões, como demonstrado na descrição da SD, utilizamos cinco encontros (3<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup>, 13<sup>a</sup>, 15<sup>a</sup> e 17<sup>a</sup> aula), totalizando uma carga horária de 12 horas/aula. Para isso, utilizamos múltiplas estratégias didáticas (aula expositiva dialogada, projeção de vídeos, leitura e discussão de textos, dinâmicas “tempestade de ideias”, aulas práticas e visitas aos Laboratórios de Biologia e Genética da UESB).

É pertinente dizer, que em consonância com as pesquisas nesse campo (SANTOS; MORTIMER, 2000; KOSMINSKY; GIORDAN, 2002; CACHAPUZ, et al., 2005; MORAES; ARAÚJO, 2012), os alunos participantes do nosso trabalho também apresentavam uma imagem ingênua e distorcida da Ciência e dos cientistas, evidenciando uma visão essencialmente positiva da Ciência (neutra, objetiva, imparcial) e como sendo algo distante da sua realidade e inacessível aos mesmos. Demonstraram uma visão estereotipada dos cientistas, caracterizando-os como seres humanos solitários, geralmente do sexo masculino, sem tempo disponível para outros afazeres que não estejam relacionados à construção da Ciência, dotados de grande inteligência etc.

Para Cachapuz et al. (2005), este fato está atrelado à forma como a Ciência é vinculada nos livros didáticos, o modo como a maioria dos professores de Ciências aborda a natureza da Ciência em sala de aula e, também, à maneira como os meios de comunicação expressam informações sobre a Ciência, já que esses ressaltam apenas o espetáculo sensibilizador das emoções e dão pouca atenção ao processo de produção do conhecimento científico.

É válido salientar que antes de iniciarmos os estudos sobre a Natureza da Ciência, expomos para os educandos a importância do estudo da História e Filosofia da Ciência para a construção do conhecimento científico. Demonstramos para eles que esse tipo de estudo se configura como uma ferramenta eficaz para modificar a

visão positivista da Ciência e aproximá-la dos interesses pessoais de cada um de nós, o que facilita a compreensão da matéria estudada; torna as aulas mais desafiadoras e reflexivas; ajuda a desenvolver o pensamento crítico e a compreensão sobre as atividades científicas, suas funcionalidades, contribuições e implicações na vida da sociedade (MATTHEWS, 1995).

Durante as aulas dedicadas a essas discussões, estudamos diversos aspectos que vão além da natureza da investigação científica e do significado dos conceitos científicos como, por exemplo, questões de natureza filosófica, sociológica, histórica, política, econômica, humanista e social a envolver a Ciência (SANTOS; MORTIMER, 2000).

Nesse aspecto, tratando especificamente do estudo da Natureza da Ciência por meio do ensino de Genética, é importante salientarmos que quando foi oportuno, ou seja, tanto nas aulas dedicadas ao estudo da NC, como no decorrer da SD, discutimos essas questões de forma associada, como por exemplo, quando demonstramos os fatores históricos, sociais e tecnológicos associados ao surgimento da Genética (para isso citamos a história das leis de Mendel, enfatizando como a vida de Gregor Mendel e as mudanças ocorridas naquela época suscitaram o desenvolvimento das pesquisas realizadas por ele; demonstramos os avanços tecnológicos que permitiram maiores conhecimentos sobre a hereditariedade); quando salientamos o desenvolvimento e a importância do trabalho coletivo de diversos cientistas e da utilização de diversas áreas do conhecimento em prol do desenvolvimento científico-tecnológico; quando apresentamos alguns geneticistas da nossa cidade, os trabalhos realizados por eles e os motivos do desenvolvimento desses trabalhos; quando estudamos os conteúdos genéticos interligados com as diversas maneiras de aplicações desses conceitos nas indústrias farmacêuticas, na saúde, na medicina e na agricultura, enfatizando os interesses políticos, econômicos, individuais e mercadológicos que podem existir por trás da utilização dos conhecimentos genéticos; quando abordamos os avanços da Ciência e da Tecnologia nesse campo de estudo (Biotecnologia, a Engenharia Genética, Clonagem, Células-Tronco, produção de OGMs, entre outros); quando revelamos os pontos positivos e negativos que esses avanços podem trazer para a sociedade e para o meio ambiente e

quando explicitamos as razões e interesses que envolvem o estudo, aplicação e o desenvolvimento da Ciência, Genética e da Tecnologia.

De forma mais abrangente, apresentamos para os estudantes a Ciência como construção humana, estabelecida numa construção sócio-histórico-cultural, que se modifica ao longo do tempo e que em geral, os conhecimentos científicos não são fruto de descobertas pessoais e sim de grupos de pesquisadores que são influenciados pelos métodos e concepções científicas vigentes numa determinada época.

Ressaltamos que a construção de conhecimento nem sempre é linear e não está apenas atrelada ao bem estar social, podendo haver interesses pessoais, econômicos, políticos, entre outros, que orientam a constituição e o desenvolvimento das pesquisas.

Ao mesmo tempo, explicitamos sobre as características dos cientistas, utilizando para isso, os exemplos de vários pesquisadores da atualidade, com destaque para alguns biólogos e geneticistas que atuam na nossa cidade (os estudantes tiveram a oportunidade de conhecer alguns desses pesquisadores durante as aulas práticas na UESB) e no nosso país, desenvolvendo pesquisas científicas. Aproveitamos a ocasião para também explicitar que os cientistas, responsáveis pela produção de novos conhecimentos possuem, em linhas gerais, os mesmos vícios e as mesmas virtudes que caracterizam todos os demais indivíduos da sociedade em que estão inseridos (MORAES; ARAÚJO, 2012); desenvolvem seus trabalhos de forma coletiva e que há uma significativa participação feminina na construção e desenvolvimento dos conhecimentos científico-tecnológicos.

No início dessas discussões, notamos que os estudantes evidenciaram certo descaso e desinteresse por esses assuntos. Arriscamos dizer que, a falta de interesse e o descaso dos educandos podem estar relacionados à carência dessa abordagem no ensino de Ciências. Porém, ao longo do projeto esses sentimentos de aversão deram lugar a surpresa e curiosidade. Percebemos que ao evidenciarmos os aspectos históricos, filosóficos, políticos e sociais envolvidos na construção da Ciência, os educandos demonstraram notória surpresa, pois se depararam com uma Ciência totalmente diferente daquela que conheciam, ou seja, uma Ciência falível; passível de erros; muitas vezes construída em prol de interesses econômicos, políticos,

individuais; nem sempre constituída com objetivos de propiciar o bem estar da população humana e capaz de causar diversos riscos e prejuízos aos seres vivos e ao meio ambiente.

A surpresa e o interesse dos alunos foram mais evidentes quando expusemos sobre algumas teorias e ideias científicas defendidas e aceitas por muitos anos e, atualmente, refutadas pela presença de novos conhecimentos científico-tecnológicos, como por exemplo, os primeiros conhecimentos científicos sobre a hereditariedade (Pangênese, Teoria da Pré-formação ou Pré-formismo, Teoria Epigenética ou Epigênese, etc.); quando demonstramos alguns erros, fracassos e limitações da Ciência (podemos citar a existência de muitas dúvidas da Ciência sobre os riscos que o uso dos OGMs podem causar à saúde humana e ao meio ambiente; o desconhecimento da Ciência sobre os mecanismos utilizados pelas células-tronco para se transformarem em diferentes tecidos do corpo, fato que impede maior utilização desse tipo celular em tratamentos de doenças; a Ciência também ainda não desenvolveu técnicas que impedem que as células-tronco causem câncer; a Ciência até o momento não é eficaz para combater alguns vírus que causam grandes danos a saúde humana como o vírus causador da Síndrome da imunodeficiência adquirida e de muitos outros capazes de causar uma série de doenças como cânceres, hepatites, etc.). Também se surpreenderam quando abordamos os avanços da tecnologia que permitiram maiores conhecimentos nessa área (Biotecnologia, Engenharia Genética, Clonagem, etc); quando expusemos as inter-relações da construção dos conhecimentos científicos com fatores históricos e sociais de cada época; as concepções errôneas e frustrações de alguns pesquisadores e; quando apresentamos alguns experimentos falhos e inadequados defendidos e realizados por cientistas renomados, que garantiram grandes descobertas da Ciência.

Isso confirma a visão que os alunos possuíam em relação à Ciência como verdade absoluta, infalível, neutra, construída apenas por gênios com saber incontestável e estabelecida apenas para o bem estar social. Consideramos satisfatória a participação, envolvimento e interação dos alunos nas discussões referentes à Natureza da Ciência.

Em se tratando da visão positivista antes evidenciada pelos estudantes, afirmamos que os mesmos apresentaram significativas evidências de que

conseguiram construir reflexões críticas acerca da construção da Ciência, pois em diversos depoimentos eles demonstraram perceber o conhecimento científico e tecnológico como resultado de uma construção humana, inserido em um processo histórico e social, como veremos a seguir:

*“Minha visão sobre a Ciência mudou bastante. Eu via a Ciência assim, como algo distante de mim, como se tivesse assim, do outro lado do mundo. Agora não, agora eu sei que tá tudo muito próximo, tudo muito relacionado, tipo assim, como eu falei, ajudou a ter um pensamento crítico, a relacionar as coisas, a não aceitar tudo que realizado pela Ciência, como eu falei. Então, assim, esclareceu bastante o que eles usam, como é desenvolvida a Ciência. Ajudou bastante!” (aluno 5).*

*“A minha visão sobre a ciência agora é assim, eu tenho opinião contra e a favor. Antes eu achava que a ciência só trazia benefícios né? Hoje não porque tem umas situações, como a gente tratou do caso da genética, que muitas vezes pega o feto pra tirar as células-tronco, isso pra mim é como se tivesse matando uma criança, aí eu sou um pouco contra; mas também tem o outro lado que pessoas vão se curar e vai realizar seus sonhos através disso, aí a Ciência tem os prós e os contras. A gente agora aprendeu que devemos olhar criticamente para a Ciência e a Tecnologia e não aceitar tudo que nos impõe né? Ah! Ela também pode errar (riso)” (aluno 3).*

*“(...) mudou muito a visão que tinha da Ciência (risos). Assim, eu antigamente pensava que os cientistas eram pessoas muito inteligente e só viviam estudando. Hoje não, hoje eu já sei que, como aqueles que a gente viu na UESB, são pessoas como a gente. Eles vieram de escola pública como a gente e se tornaram geneticistas. Agora eu sei que a Ciência não tá longe da gente, tá no nosso cotidiano, dentro das nossas casas e que qualquer um, que queira estudar né? Pode ser cientista.*

*Também a gente tem que analisar, como a senhora mesmo falou, o progresso da Ciência e da Tecnologia pra gente não ser manipulado pelos cientistas e fazerem o que eles querem. E como a gente viu, nem sempre o que eles querem é o melhor pra gente né professora? E também nem tudo que eles fazem são correto!” (aluno 4).*

*“Eu aprendi muito sobre a Ciência. O mais importante é que nem tudo que a Ciência faz é bom pra todo mundo né? Tem coisa que é apenas para beneficiar algumas pessoas e outras sofrem com isso. Assim, é, é, nem tudo que a Ciência diz é verdade, a gente tem que olhar a Ciência com um olhar crítico e analisar os dois lados, o bom e ruim. Também tem muita coisa boa. Se não fosse a Ciência e a Tecnologia a gente não tinha muita coisa que a gente tem hoje né? Tipo assim, a saúde, a cura de doenças, essas coisas” (aluno 1).*

Não podemos deixar de mencionar que a idealização do conhecimento científico como neutro, além de ser alienante, oculta interesses diversos, correspondendo, às vezes, a uma manipulação de consciências ingênuas, coladas a serviço de pesquisas das quais desconhecem os fins. Também podem trazer sérios riscos aos seres humanos. Entre os riscos que a humanidade corre ao não participar e influir neste processo, acreditando na hipotética neutralidade da Ciência, da Tecnologia e daqueles que atuam nessas áreas, destacam-se sérios prejuízos à qualidade de vida da população, manipulação dos indivíduos, indução de comportamentos de risco, agressões ao meio ambiente, entre muitos outros problemas (MORAES; ARAÚJO, 2012).

Diante do exposto, podemos afirmar que a introdução do estudo de certos aspectos ligados à História, Sociologia e Filosofia no Ensino de Genética nos permitiu realizar discussões significativas sobre a Natureza da Ciência, fato que contribui para ajudar os estudantes a se motivarem para aprender os conteúdos científicos estudados na disciplina; despertar o desejo de também, futuramente, se tornarem cientistas; desenvolver a aprendizagem; construir uma visão mais realista da Ciência e aguçar neles a percepção sobre a Ciência como uma atividade humana.

Nessa direção, acreditamos ser primordial promovermos aos nossos estudantes a alfabetização científica e a formação de atitudes, valores, e normas de comportamento, para que possam exercer responsabilmente sua cidadania e tomar decisões democráticas na sociedade. De fato, é preciso que o Ensino de Ciências dê ao aluno condições de compreender a natureza do contexto científico-tecnológico e seu papel na sociedade. Isso implica adquirir conhecimentos básicos sobre História e Filosofia da Ciência (HFC), para estar a par das potencialidades e limitações do conhecimento científico, pois para que o cidadão possa tomar suas decisões, precisa ter evidências e fundamento (AULER, 2007).

Entendemos que inclusão da HFC na construção do conhecimento, pode ser uma ferramenta facilitadora da educação científica, quando o pressuposto é o aspecto dinâmico do saber científico. Ao ser utilizada no ensino de Ciências deverá levar o aluno a perceber que a Ciência se constitui numa construção sócio-histórico-cultural. Por outro lado, também pode auxiliar na compreensão dos conceitos fundamentais da disciplina e na formação de um espírito crítico dos educandos, fazendo com que o conhecimento científico seja desmitificado sem, entretanto, ser destituído de valor.

Além disso, temos a convicção, conforme aponta Matthews (1995) que a inserção de aspectos de HFC nas aulas poderá também favorecer a construção de aulas de Ciências mais estimulantes e reflexivas e melhorar a formação do professor, visto que este desenvolverá uma maior compreensão da estrutura das Ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas.

Enfim, a preparação para um aprendizado contínuo numa sociedade em mudança exige a compreensão do dinamismo dos conhecimentos científicos (KRASILCHICK, 2004), dessa forma, orientações desse tipo são vistas como uma possível solução para a crise que afeta o ensino de Ciências e passam a ser

valorizados os propósitos voltados para a alfabetização em Ciência, a preparação para a cidadania e as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (TRIVELATO, 1999).

### **iii) Metodologia e recursos didáticos empregados.**

Considerando que os recursos didáticos e as estratégias de ensino viabilizam a efetivação de uma aprendizagem ativa, interativa, dialógica e significativa, é fundamental o emprego de várias estratégias e recursos nas aulas, pois estes se constituem em meios para facilitar, incentivar ou possibilitar o processo ensino-aprendizagem (CERQUEIRA; FERREIRA, 2007).

Segundo Saviani (1996) os métodos de ensino são aspectos fundamentais da pedagogia, mas só fazem sentido quando viabilizam o domínio dos conteúdos, a construção dos conhecimentos e a utilização prática desses na sociedade. O discurso científico, saber elaborado existente, deve se transformar na escola em discurso didático, ou seja, ser sistematizado, trabalhado da melhor forma possível, a fim de ser apropriado pelo estudante por meio da assimilação significativa. O uso de métodos adequados impulsiona os conteúdos na direção dos objetivos propostos. Daí os objetivos-conteúdos-meios terem ligação interna constante (MOURA; VALE, 2003).

A alternativa, quando projetamos a ideia de utilizar o enfoque CTS, é que os métodos de ensino caminhem para além dos tradicionais. Deveriam ser métodos que estimulassem a atividade e a iniciativa dos alunos, favorecessem o diálogo ente estudantes e professor, permitindo a apropriação inteligente da cultura historicamente acumulada, levando em conta os interesses, o desenvolvimento psicológico e o ritmo de aprendizagem dos estudantes, sem perder de vista a sistematização lógica do conhecimento e a interação dos aspectos científicos, tecnológicos, éticos e sociais (MOURA; VALE, 2003).

Nessa direção, o ensino das ciências segundo a orientação CTS necessita de novos materiais que suportem a filosofia que lhe é subjacente e concedam aos alunos um papel mais ativo no processo de aprendizagem.

Dessa forma, Cruz e Zylbersztajn (2001) ressaltam que a abordagem CTS é multifacetada no que se refere a estratégias de ensino, entretanto há uma



concordância sobre a importância de que estas metodologias favoreçam abordagens interdisciplinares e interativas.

Como tática de inserção de propostas dessa natureza, utilizamos em nossa SD múltiplas estratégias e materiais didáticos, tais como: aulas expositivas dialogadas, discussões, sessões de debates, dinâmicas de grupo, simulações, aulas práticas, visita a APAE, leituras, resolução de problemas, projeção de vídeos, diversas modalidades de textos, microscópios, laboratórios e audiovisuais como vídeos, projetores, animações, apresentações em *powerpoint*, etc.

O desenvolvimento dessa intervenção, sob a análise da metodologia e dos recursos didáticos aplicados, nos permitiu identificar diversos elementos e aspectos para a reflexão.

Inicialmente nos reportaremos sobre a condição em que os aspectos metodológicos foram executados e sobre a disponibilidade dos recursos didáticos, ambos oferecidos pela escola, onde desenvolvemos a SD, e pela Universidade Estadual do Sudoeste de Bahia (UESB), instituição a qual o nosso curso de Mestrado está vinculado.

É sabido que a maioria das escolas públicas do nosso país ainda apresenta uma carência expressiva em relação aos recursos didático-pedagógicos que apóiam o processo de ensino-aprendizagem dos educandos, este fato também é considerado como um dos principais desafios para a implementação da abordagem CTS no ensino de Ciências (MARTINS, 2002), entretanto, a escola escolhida para desenvolvermos a pesquisa de intervenção oferece uma riqueza estimável desses materiais: computadores, aparelhos áudio-visuais (TV pen drive, data show, aparelhos de som), livros didáticos para todos os alunos, acesso a internet. Utilizamos todos eles sem nenhuma restrição ou impedimento.

Além disso, é pertinente assinalar que também contamos com o apoio da UESB na concretização da visita à APAE e nas aulas práticas. A UESB cedeu o transporte para conduzirmos os estudantes da escola até a APAE e para a própria instituição; também permitiu a visita dos estudantes aos laboratórios de Biologia Geral e Genética; consentiu a participação de alguns de seus professores na realização da aula prática sobre Citologia, na apresentação do Laboratório de Genética e nas discussões sobre as pesquisas realizadas nessa área. Por fim, admitiu a

entrada e permanência dos alunos em seus espaços físicos. Tudo isso favoreceu a ampliação dos conhecimentos dos educandos e a interação com pesquisadores e professores dessa instituição de ensino.

É necessário fazermos estas considerações para demonstrarmos que, diferente da realidade das escolas públicas do contexto brasileiro, em relação aos recursos didáticos e o desenvolvimento da metodologia aplicada, não tivemos nenhum impedimento ou dificuldade. Tanto a escola, quanto a UESB, contribuiu significativamente para que a SD fosse desenvolvida a contento, conforme nosso planejamento inicial.

Isso, de certo modo, facilitou e otimizou a efetivação dos nossos trabalhos, tendo em vista que a não disponibilidade de condições favoráveis ao trabalho docente e falta de materiais didático-pedagógicos se configuram como entraves relevantes para efetivação de um ensino de Ciências de qualidade. Em outras palavras, a falta ou a não utilização adequada dos mesmos pode comprometer o processo de ensino-aprendizagem dos estudantes; contribuir para a prática de aulas de difícil compreensão (considerando a abstração de alguns conteúdos científicos de Biologia, principalmente os de Genética), desinteressantes e desmotivadoras, inibindo assim o processo de discussão e interação em sala de aula entre alunos-professor e alunos-aluno e, a construção dos conhecimentos significativos dos estudantes; também pode impossibilitar e dificultar o trabalho docente, já que a carência desses recursos impede a aplicação de algumas metodologias de ensino e a dinamização do processo de ensino-aprendizagem.

Segundo Santos; Mortimer, (2000) e Teixeira, (2003a), a adoção de um ensino CTS é primordial para fornecer informações atualizadas sobre questões de Ciência e Tecnologia; contribuir para o engajamento ativo dos alunos em questões sociais; auxiliar na formação de atitudes e valores dos estudantes; desenvolver atividades de ensino em que os alunos possam discutir diferentes pontos de vista sobre problemas reais, na busca coletiva de possíveis alternativas de soluções; superar o ensino canônico, livresco, arcaico que se restringe à transmissão de informações desprovidas de significado e fora do contexto social; proporcionar melhorias no Ensino de Ciências e; de uma forma mais ampla, preparar os educandos para o exercício da cidadania.

Como esperado e defendido pela literatura especializada, a dinâmica metodológica e a diversidade de recursos didáticos utilizados nessa experiência investigativa, além de outros benefícios (os quais também serão discutidos ao longo da análise dos dados), propiciaram notoriamente maior interesse e participação dos alunos nas atividades desenvolvidas, como demonstram os depoimentos a seguir:

*“Eu achei interessante. Assim né, a gente foi pra lugares diferentes, pode ir pra o laboratório lá da UESB, a gente ficou mexendo nos microscópios, a gente viu as células de perto, a gente pôde observar mais coisas, é, as aulas foram dentro da sala, mas a gente usou o data show, teve vídeos e filmes que ajudou a gente esclarecer mais, teve o, a escola que a gente foi de portadores de doenças especiais” (aluno 1).*

*“[...] eu, sinceramente, as aulas de antes era muito chata, sei lá você só aprendia o que era ação, azinho, sei lá e assim, essa aula que a gente teve foi muito interessante, parece que a gente mergulhou no mundo da genética, de uma certa forma, a gente aprendeu mais, foi bem mais clara as aulas, sei lá, foi muito mais interessante, foi muito mesmo” (aluno 1).*

*“As aulas de Biologia assim fica melhor porque a gente só não ficava em sala de aula, só lendo o livro e explicando, a gente foi pra outros lugares, teve o data show, teve filme, tudo também sobre o tema e a gente entendeu mais coisas também assim desse modo” (aluno 2).*

*“Bom, as aulas que tiveram foram interessantes, a gente interagiu muito com a professora, enfim teve filmes, teve os slides que passou tal, a gente foi lá pra UESB pra ter um estudo mais aprofundado e tal, essas coisas, uma aula mais prática, foi interessante assim, gostaria que tivesse mais, mas não pode né, aí tem que ser assim mesmo, mas foi uma aula muito boa mesmo, minha opinião é essa! [...] eu acho que as aulas foram bastante explicativas, a gente discutiu muito, teve debate, teve também os vídeos que a gente prestou bastante atenção e foi fácil de entender” (aluno 3).*

*“O que facilitou mais foi a aula interativa, tava sempre dialogando, nunca ficava parado, é, tá todo mundo debatendo sobre os assuntos, porque uma aula chata é quando não tem um diálogo, não tem conversa nenhuma e é totalmente ao contrário dessa aqui, só isso” (aluno 4).*

*“As aulas foi importante né, porque agora a gente tem um conhecimento maior, em questão de ir pro laboratório, ver como utiliza, a gente foi pra APAE, conhecer as pessoas que têm uma certa dificuldade e doenças genéticas, que eles agem, muitas vezes, como pessoa normal, só tem um pouco de dificuldade como a gente não tem, mas foi muito importante. Não ficou só naquela aula chata na sala, a gente saiu, conheceu mais, desenvolveu mais, teve filmes, eu acho que aula pra ser boa não precisa só escrever, escrever e sim a gente ficou descontraída, a senhora conversou, fez debate, a gente discutiu muito, perguntamos mais sobre os assuntos, foi muito importante pra gente. Acho que a gente jamais vai esquecer das aulas dessas” (aluno 6).*

*“Ó as aulas de Biologia elas foram muito produtivas, é, porque a gente não tinha antes é, assim, é dinâmicas, essas coisas assim, foram bem, bem descontraídas [...] É como eu falei, foi mais dinâmica, porque a gente não tinha na sala, que era só pegar e ler o assunto e tal, e, entender assim, a gente que tinha que ler, ela explicava entendeu? Mas não, não como a gente queria, no caso. É, as aulas são mais dinâmicas, usamos outros tipos de recursos, é, no caso, o data show, os microscópios na UESB, as aulas aqui também. A gente aprendeu muitas vezes brincando, muitas coisas eu aprendi brincando aqui na sala, e, é isso! A gente aprendeu assim, discutindo, perguntando, assistindo filmes e reportagens, se divertindo na sala” (aluno 5).*

(Depoimentos recolhidos na entrevista)

É importante destacar que, nesse aspecto, o envolvimento ativo dos educandos e a interação professor-aluno foi surpreendente, ainda mais se levarmos

em consideração os depoimentos da professora regente da turma e dos outros docentes (em conversas informais na sala dos professores) antes de iniciarmos o projeto, os quais relataram que esses alunos não demonstravam interesse nas aulas, eram pouco participativos, apáticos, faltavam muito às aulas e quase nunca se envolviam com trabalhos escolares.

Nas aulas que desenvolvemos isso não aconteceu. Foi inegável e significativa a participação dos educandos, seja nas aulas ou na realização dos trabalhos propostos. A interação alunos-professores/pesquisadores e aluno-aluno também foi bastante expressiva e o interesse nas aulas e o desempenho dos mesmos ao longo da SD se efetivou de forma significativa.

No que diz respeito à participação, esta era mais intensa quando envolvia as discussões dos temas sociocientíficos e suas controvérsias e quando realizávamos os debates através da dinâmica “júri-simulado”. Até mesmo os estudantes que demonstravam alguma timidez, nesses momentos manifestavam e defendiam seu ponto de vista em relação aos temas abordados.

Em consonância com Vieira e Bazzo (2007) constatamos que a inserção de assuntos controversos que envolvam a Ciência e a Tecnologia nas salas de aulas de Ciências abre caminhos para o exercício da cidadania na medida em que favorecem a prática da participação entre os estudantes.

Durante a mediação dos conceitos científicos, o interesse dos educandos se sobressaía quando esses conceitos eram trabalhados de forma contextualizada e vinculada à vida dos mesmos. Os estudantes sempre tinham perguntas sobre o assunto, relatavam sobre reportagens e filmes assistidos, apresentavam experiências de vida deles, de vizinhos, amigos e familiares, sempre relacionados com os conteúdos estudados. Muitas vezes, precisamos interromper a participação dos educandos por causa do pouco tempo disponível para as aulas.

Corroborando com a literatura oriunda dos estudos CTS no ensino de Ciências, verificamos que a adoção de temas envolvendo questões sociais relativas à Ciência e à Tecnologia no ensino de Ciências, que estejam diretamente vinculadas aos alunos, combinada com a dinâmica metodológica que introduzimos na SD, parece ser fundamental para superar a meta de uma aprendizagem de conceitos e

teorias relacionados a conteúdos canônicos e abstratos e, auxiliar na formação de atitudes e valores.

A seguir apresentamos alguns depoimentos recolhidos durante a entrevista que ilustram tal afirmação:

*"[...] porque a gente não tinha antes é, assim, é dinâmicas, essas coisas assim, foram bem, bem descontraídas também e, é, tipo assim, a análise CTS são assuntos assim que tá dentro da nossa sociedade que a gente, eu mesmo não sabia, eu tinha é, teorias, mas não tinha assim é, bases pra mim, tipo assim, discuti com, é, discuti com pessoas sobre o assunto e tal, e agora não, agora é, acrescentou bastante no meu conhecimento, não só no meu, mas creio que no de todos os alunos aqui. Agora a gente sabe opinar e dizer a nossa opinião sobre clonagem, alimentos transgênicos, células tronco, essas coisas que a senhora deu. Também a gente vai ver a ciência com outros olhos, agora vamos olhar criticamente" (aluno 6).*

*"acho que é muito importante as discussões como essas que a senhora discutiu aqui na sala, porque, é, como a senhora disse, a gente tem que construir a nossa visão crítica sobre a Ciência e a Tecnologia. Agora a gente aprendeu um monte de coisa sobre clonagem, célula-tronco, os transgênicos e assim, é, é, assim, a gente pode expor a nossa opinião e escolher se a gente quer usar ou não essas coisas" (aluno2).*

De fato, constatamos que a diversidade de recursos e estratégias de ensino utilizadas ao longo da SD, alavancou a participação e interesse dos estudantes por todas as atividades desenvolvidas, principalmente quando os assuntos discutidos tratavam de temas polêmicos e pouco conhecidos pelos mesmos. Consideramos este aspecto valioso, pois a maior parte dos educandos relatou que nas aulas regulares de Biologia faltam momentos reflexivos que tratem sobre temáticas dessa natureza, além disso, eles também disseram nas entrevistas que não são estimulados a participar das aulas.

*"Ó as aulas de Biologia elas foram muito produtivas, é, porque a gente não tinha antes é, assim, é dinâmicas, essas coisas assim, foram bem, bem descontraídas, também não tinha as discussões e os debates. A gente tinha aula normal, lia o livro e fazia os exercícios" (aluno 6).*

*"As aulas de Biologia eram chatas. A gente não discutia os assuntos como a senhora faz, não tinha debates, filmes, vídeos, aula prática, não tinha nada. Só a aula normal" (aluno 5).*

*"Eu vou falar a verdade, eu não gostava muito das aulas de Biologia não. A professora dava um monte de assunto e eu não entendia muito não! Depois que a senhora começou a dar aula pra nossa turma, eu comecei a gostar dessa matéria. A aula não é chata e a gente estuda os assuntos do nosso dia-a-dia. Antes não era assim não, a gente não discutia os assuntos não, só perguntava a professora quando a gente não entendia" (aluno 3).*

Também, é perceptível em alguns depoimentos que os alunos criaram uma relação afetiva muito positiva com a disciplina.

*"As aulas de genéticas eram sem graça, eu não prestava atenção, mas agora eu tô aprendendo" (Aluno 2)*

Ainda verificamos, como indicam diversos estudos sobre as propostas CTS, que os aspectos metodológicos orientados pelo enfoque CTS e implementados por nós neste trabalho, além de contribuir para orientar caminhos em direção a alfabetização científica e formação do cidadão, também viabilizam eficazmente a construção do conhecimento científico e tecnológico dos educandos, os quais favorecem a formação de cidadãos capazes de atuar de forma responsável em relação a temas que incorporem aspectos sócio-científicos (SANTOS; MORTIMER, 2000; AULER, 2002; TEIXEIRA, 2003a; STRIEDER, 2008; BERNARDO; VIANNA; SILVA, 2011).

**Outras estratégias didáticas:** Fazendo referência ao aprendizado dos alunos, convictamente asseguramos que todas as estratégias didáticas (exposição dialogada, dinâmica de grupo “tempestade de idéias”, projeção de vídeo e discussão coletiva, simulação de júri, aulas práticas) e atividades realizadas nas aulas, evidenciaram explícita ou implicitamente que os estudantes construíram algum aprendizado em relação aos conteúdos estudados. Como já apresentamos detalhadamente todas as atividades realizadas nas aulas, não achamos necessário esmiuçarmos novamente aqui. No entanto é pertinente ressaltar que todas elas trouxeram evidências desse aprendizado, pois para realizá-las de forma satisfatória era necessário o uso de alguns conteúdos científicos. Assim, já podemos assegurar que os educandos construíram alguns conhecimentos sobre os conceitos científicos estudados durante as aulas, já que, eles desempenharam aceitável participação nas discussões e debates realizados e, na concretização das atividades propostas.

É válido salientar que em relação ao aprendizado dos estudantes sobre os conteúdos científicos, faremos uma apreciação mais aprofundada, posteriormente, ao longo das discussões tomadas na categoria Perspectivas da professora/pesquisadora sobre o processo de ensino-aprendizagem desenvolvido. Para isso, utilizaremos a análise de algumas atividades escritas realizadas pelos mesmos.

De fato, o ensino CTS abandona os modelos transmissivos, de descoberta, ou os modelos internalistas de mudança conceitual para assentar-se numa perspectiva construtivista “de cariz social que prima pela decisão consciente de preparar os

alunos para assumirem um papel mais dinâmico e ativo na sociedade” (MARTINS; PAIXÃO, 2011, p. 147).

Outro aspecto imprescindível a ser discutido aqui, relaciona-se com a aceitação, mudança de postura e adequação dos estudantes ao processo metodológico utilizado. Nesse sentido, apesar dos alunos a todo instante e por meio de diversas fontes, demonstrarem motivação, entusiasmo, prazer, ótima aceitação em relação à proposta desenvolvida, e sempre se mantiveram comprometidos em realizar as tarefas propostas, notamos que os mesmos alteraram significativamente a sua postura em sala de aula e a forma como desenvolviam seus estudos.

Além de se tornarem mais participativos, questionadores, comprometidos com as aulas e com as atividades executadas, como já explicitamos, eles também tiveram que se adequar as novas formas de aula e de avaliação.

Acerca de algumas estratégias didáticas, como por exemplo, a leitura e discussão de textos, os estudantes, no início dos trabalhos, reclamaram e disseram que não estavam acostumados com tanta leitura e discussão de textos. Por essa prática não ser frequentemente desenvolvida pelos professores da escola (afirmação dos próprios educandos) nas aulas regulares, percebemos certo movimento de resistência dos alunos, sobretudo no início das aulas da SD. Posteriormente, no decorrer do desenvolvimento da SD, essa resistência e os questionamentos sobre essa prática diminuíram significativamente a ponto de não ouvirmos mais nenhuma reclamação ou atitudes que demonstravam insatisfação dos mesmos em realizar tais atividades; pelo contrário, até perguntavam se em determinadas aulas não teríamos nenhum texto para ser trabalhado:

*“Hoje não texto pra gente ler não professora?” (aluno11)*

*“A senhora vai mandar algum texto pra ler em casa?” (aluno7)*

Acreditamos que este é, entre outros aspectos que mostraremos no decorrer da análise de dados, um dos indícios que comprova a adequação e aceitação dos estudantes a novas práticas de ensino.

Os alunos também evidenciaram sentir dificuldades para estudar em casa pelo livro didático e por outras fontes de pesquisa, como alguns textos trabalhados em sala de aula, visto que, segundo os mesmos, estavam habituados a escrever em seus cadernos e estudarem pelos resumos dos assuntos que a professora regente da turma

expunha no quadro. Diante disso, mencionamos a importância da utilização de outras fontes de conhecimento e reafirmamos que o objetivo da nossa proposta não era apenas facilitar a aquisição dos conteúdos científicos específicos de Genética e, sim, contribuir para a formação científica dos mesmos e para o exercício da cidadania. Também dissemos que para esses objetivos serem alcançados seria necessário modificarmos a forma que tais conhecimentos eram construídos, como configurado na nossa proposta de ensino.

Após esse acontecimento, os estudantes não mais questionaram sobre esse assunto e assumiram outra postura em sala de aula, ou seja, não se preocupavam mais em escrever anotações nos cadernos, e sim, em prestar atenção nas aulas e interagir com mais entusiasmo.

Entendemos que esses episódios, expressos na posição tomada por alguns estudantes, ratifica as discussões travadas pela literatura relacionada à Educação em Ciências, que aponta a prevalência de um ensino de Ciências desenvolvido de forma descritiva, com excesso de terminologias e sem vinculação com a análise do funcionamento das estruturas sociais (LIMA; TEIXEIRA, 2011; KRASILCHIK, 2004; TEIXEIRA, 2003a; TRIVELATO, 2000).

Como o *Movimento CTS* defende a necessidade de uma abordagem histórico-filosófica dos conteúdos das disciplinas científicas, visto que os currículos CTS apresentam uma abordagem de Ciência em sua dimensão ampla, em que são discutidos muitos outros aspectos, além da natureza da investigação científica e do significado dos conceitos científicos como, por exemplo, questões de natureza filosófica, sociológica, histórica, política, econômica, humanista e social (SANTOS; MORTIMER, 2000), ressaltamos que a efetivação da SD orientada pela abordagem CTS, também nos possibilitou o trabalho considerando a perspectiva histórico-filosófica dos conteúdos de Biologia/Genética e desenvolver momentos interdisciplinares. No que diz respeito ao desenvolvimento dos estudos interdisciplinares, discutiremos posteriormente com maior riqueza de detalhes.

Em suma, afirmamos que abordagem metodológica e os recursos didáticos utilizados em nosso trabalho contribuíram para que os educandos desenvolvessem habilidades cognitivas consideráveis, como por exemplo, conhecer, recordar/relembrar informações sobre os conteúdos genéticos e aplicar esses



conhecimentos em situações do seu cotidiano e na análise e resolução de problemas que envolvem as questões científico-tecnológicas relacionadas as aplicações dos conhecimentos genéticos, fato que podemos configurar como atitudes necessárias à tomada de decisão responsável e o exercício da cidadania, objetivos propostos pelo enfoque CTS.

Como indica a literatura específica CTS, lançamos mão da diversidade metodológica para não limitar o trabalho em sala de aula a aulas expositivas com reduzida participação dos alunos. Dessa forma, conseguimos suscitar maior interatividade e a participação dos estudantes nas aulas, ponto nevrálgico quando pensamos em projetos de ensino vinculados ao *Movimento CTS*.

#### **iv) Perspectivas dos alunos sobre o processo de ensino-aprendizagem desenvolvido:**

Para compreendermos as percepções dos estudantes a respeito das atividades desenvolvidas ao longo das aulas utilizamos as observações sistemáticas realizadas em todo processo pela professora/pesquisadora, os questionários aplicados a todos os estudantes, e os depoimentos recolhidos de alguns alunos por meio de entrevistas e grupo focal.

Neste caso, buscamos responder as seguintes questões: as aulas foram significativas para os alunos? Elas contribuíram para aumentar o envolvimento, a motivação, a aprendizagem e a autonomia dos estudantes?

Antes de iniciarmos as discussões desses dados, vale lembrar algumas informações sobre grupo focal e o questionário aplicado junto aos estudantes.

O grupo focal foi composto por seis alunos escolhidos aleatoriamente e os depoimentos deles foram registrados no último dia de aula. O questionário foi elaborado com três questões abertas: a primeira indagava as percepções que os estudantes possuíam acerca das aulas ministradas; a segunda averiguava a opinião dos alunos sobre os assuntos tratados e a forma de ensino utilizada e; por fim, a terceira questão solicitava dos mesmos a apresentação dos aspectos considerados positivos e negativos das aulas e, sugestões a respeito da abordagem desenvolvida. Esse instrumento também foi aplicado no último dia de aula e todos os estudantes da turma (19 alunos) participaram da aplicação respondendo o questionário.

Quando perguntados a respeito das aulas, por meio dos questionários, a maior parte dos educandos relatou várias ideias simultaneamente, sendo as mais prevalentes descritas a seguir:

Gostei muito das aulas; contribuíram para aprendermos novos conhecimentos; foi um método de ensino dinâmico; as aulas foram muito participativas; contribuíram para modificar a nossa visão sobre os assuntos abordados; chata e cansativa no início.

Essas percepções se repetem ao longo das observações sistematizadas da professora/pesquisadora e durante as entrevistas como veremos nos excertos a seguir:

*“Eu achei muito interessante né? Como eu já falei, a gente estudava Biologia só aqui na sala, a professora explicava somente os assuntos e escrevia no quadro. As aulas da senhora foi diferente, a gente foi visitar a APAE, a UESB, viu sobre mais sobre Genética, eu achei muita mais interessante, apesar que aqui a gente também, na sala, aprendeu o que a senhora explicou, antes a gente não conseguia aprender. Teve muito diálogo, debate, aprendi muita coisa nova, muito dinâmica” (aluno 2).*

*“Foi muito dinâmica, a gente participou muito, foi muito importante para o nosso conhecimento. A gente discutiu muita coisa da Genética que eu não entendia antes, só via aquele negócio de azinho, azão. Depois das suas aulas a gente aprendeu coisa nova, a gente prestava mais atenção, foi bem melhor assim” (aluno 5).*

*“Bem, eu achei as aulas muito interessantes, você explicou de um jeito diferente, teve muita coisa. As aulas foram bem dinâmicas, interativas, foi muito importante para o nosso conhecimento. A gente podia expor nossa opinião e despertou mais o nosso interesse por que foram aulas diferentes do que a gente tem na escola. Teve muita discussão e não ficou aquela aula chata. A minha visão sobre muita coisa mudou” (aluno 6).*

Mediante os depoimentos dos alunos podemos observar que a maioria deles percebeu o projeto como uma metodologia de ensino diferenciada, dinâmica, interativa, dialógica, prazerosa e eficaz para a construção dos seus conhecimentos.

Para eles, a metodologia empregada, corroborando com a literatura CTS, proporciona o estabelecimento de interconexões entre a vida deles e o conteúdo científico-tecnológico; oferece oportunidade de estudo das interações CTS; promove reflexão e compreensão crítica sobre a realidade; permite que o ensino científico desempenhe um papel significativo na vida pessoal deles e no seu relacionamento com a sociedade. Essa abordagem de ensino, rica em estratégias metodológicas, também facilita o processo de ensino-aprendizagem, visto que além de dar sentido ao estudo de questões científico-tecnológicas, também proporciona dinamicidade, interatividade e dialogicidade nas aulas, despertando interesse dos educandos pela

disciplina e o desejo de motivação em participar e aprender sobre os assuntos abordados, tornando as aulas de Ciências/Biologia mais atraentes e prazerosas.

Em uma visão geral, os estudantes foram favoráveis à aplicação da SD, principalmente no que se refere, por exemplo, a facilitação, desenvolvimento e construção de conhecimentos, da capacidade de argumentação e participação, à dinamicidade das aulas e à utilização de uma metodologia diferenciada das que lhes são oferecidas na escola.

Também não podemos deixar de mencionar que dois estudantes relataram nos questionários que as aulas foram cansativas e chatas no início dos nossos trabalhos.

Na continuidade (utilizando as ideias obtidas da análise do questionário), quando os estudantes foram indagados sobre os seus conceitos acerca dos assuntos tratados e a forma de ensino utilizada, igualmente como na primeira questão, os alunos deram várias respostas concomitantemente, são elas:

Muito interessante porque tratou de conhecimentos da sociedade e do dia a dia; esse método contribuiu muito para o nosso conhecimento porque não foi cansativo; gostei muito; as aulas foram muito interativas; com as aulas eu passei a formar minha opinião; deveria ser mais dinâmica; essa forma de ensino é muito prolongada.

Durante as entrevistas essas respostas foram reafirmadas:

*“Eu achei muito interessante. Assim né, a gente foi pra lugares diferentes, pôde ir pra o laboratório lá da UESB, a gente ficou mexendo nos microscópios, a gente viu as células de perto, a gente pôde observar mais coisas, é, as aulas foram dentro da sala, mas a gente usou o data show, teve vídeos e filmes que ajudou a gente esclarecer mais, teve a visita a APAE, a escola que a gente foi de portadores de doenças especiais” (aluno 1).*

*“Bom, como eu disse, as aulas foram interessantes. A forma como a senhora deu as aulas foi muito importante para o nosso conhecimento porque trouxe várias metodologias, assim, é, é, teve filmes, teve os slides, a gente foi lá pra UESB, pra APAE, teve aula prática, e gente interagiu mais com a senhora, respondeu questões no quadro, essas coisa né? Também trouxe discussões do nosso dia a dia para sala de aula, assim fica mais fácil né? A gente tem mais interesse de aprender, não fica aquela aula chata de Biologia” (aluno 4).*

*“Foi muito diferente das aulas de Biologia que a gente tinha aqui na escola. A senhora trouxe coisas novas, as aulas foram mais interessantes. Não era chata nem monótona. A turma participava, a senhora queria ouvir nossa opinião, assim né, a gente participava mais. Teve aquelas coisas todas né? As aulas práticas, a gente foi ver as células, é, é, a gente nunca tinha visto isso. Eu adorei as suas aulas. Gostei dos debates, é, eu brigava mesmo (risos). Foi muito importante tratar das coisas da Genética que a gente só via na televisão, agora não! Agora a gente sabe que ta no nosso dia a dia. Antes eu não entendia nada, agora eu entendo. A gente pôde mergulhar na Genética” (aluno 5).*

Esses dados fornecem indicadores de que a proposta utilizada potencializou a possibilidade de aumentar as interações dialógicas em sala de aula, dinamizar o processo e ensino-aprendizagem e, tornam as aulas de Ciências mais encantadoras e prazerosas (TEIXEIRA, 2003a, SANTOS; MORTIMER, 2000; STRIEDER, 2008; MARTINS, 2002; BERNARDO; VIANNA; SILVA, 2011).

Também podemos dizer que essa abordagem pode se configurar como ferramenta capaz de fornecer melhorias para o ensino de Ciências, na direção de superar a meta de aprendizagem de conceitos científicos desprovidos de sentido e significado para a vida dos estudantes, transformando-o em um ensino que tenha validade científica e cultural.

Em outras palavras, podemos assegurar que a riqueza metodológica, a dinamicidade das aulas, a introdução dos temas sociocientíficos de Genética, possibilitaram criar um ambiente de maior interação, envolvimento e discussão envolvendo um maior número de alunos, permitindo que a professora e os estudantes tivessem liberdade para expor, a partir de seus relatos, seus posicionamentos frente às questões estudadas, potencializando assim a formação de habilidades críticas em relação aos conteúdos estudados (TEIXEIRA, 2003a, SANTOS; MORTIMER, 2000; STRIEDER, 2008, AULER; BAZZO, 2001, SANTOS; MORTIMER, 2009; VILCHES, GIL-PÉREZ; PRAIA, 2011).

A respeito dos aspectos considerados como positivos e negativos, novamente os estudantes apresentaram as mesmas opiniões tanto nas respostas explicitadas pelos questionários, quanto na entrevista.

Esmiuçando os pontos de vista positivos, os alunos expuseram as seguintes respostas: aulas interativas; dialógicas; dinâmicas e; a metodologia empregada proporciona ou facilita o aprendizado mais aprofundado dos assuntos abordados.

Como visto, os educandos destacaram como pontos positivos algumas implicações da utilização da abordagem CTS no ensino de Ciências, ratificando as ideias apresentadas acima, difundidas pela literatura específica CTS, a qual sustenta que a metodologia empregada pode ser considerada como um instrumento eficiente na tentativa de prover modificações no ensino de Ciências voltadas para um ensino de melhor qualidade (MORAES; ARAÚJO, 2012).

Corroborando com Moraes e Araújo (2012), nesse contexto social de constantes transformações, acreditamos ser conveniente analisar em que medida os modelos pedagógicos atuais atendem às mudanças ocorridas com o aluno e seu contexto de vida. Diante dos descompassos observados no ensino de Ciências, torna-se imprescindível o aprimoramento do uso dos recursos instrucionais, das técnicas e ferramentas de ensino e dos enfoques adotados, visando o aperfeiçoamento da educação atual, tendo em vista não apenas a aprendizagem conceitual do aluno, mas prioritariamente, a necessidade de se fundamentar a sua formação em elementos que os capacitem a enfrentar os desafios da modernidade.

Como aspectos negativos, os estudantes revelaram: a falta de mais aulas desse tipo; a não utilização dessa metodologia por todas as disciplinas; conversas paralelas em alguns momentos das aulas e; para uma minoria de alunos, que a forma das aulas foi cansativa.

De fato, pôde-se notar que a maioria dos educandos não só demonstrou posição favorável à abordagem utilizada, como também, anseia por mudanças no quadro atual da educação. Eles esperam por aulas mais dinâmicas, interativas e dialógicas, as quais possam oferecer atividades que despertem o interesse, promovam maior participação e envolvimento, contextualizem o ensino de Ciências e propiciem um estudo mais amplo e aprofundado, capaz de envolver todos os aspectos vinculados à Ciência e Tecnologia, como por exemplo, os aspectos éticos, políticos, econômicos e sociais.

É pertinente apresentar aqui, que ao responder o questionário, alguns alunos também demonstraram alguma insatisfação a respeito da abordagem CTS, evidenciando que as aulas eram cansativas e chatas no início e que essa forma de ensino é muito extensa.

Podemos relacionar esse posicionamento ao ensino tradicional vinculado em nossas escolas, o qual, geralmente, não oferece um ambiente de reflexão, discussão, interação, que preze pelo desenvolvimento da formação do cidadão. Igualmente, queremos dizer que, para que haja formação para a cidadania é necessário desenvolver estratégias metodológicas que prezem pela formação do pensamento crítico e reflexivo dos estudantes, o que acarreta em discussões mais aprofundadas e a realização de atividades mais elaboradas. Dessa forma, a insatisfação evidenciada

pelos alunos pode estar relacionada ao fato dos mesmos ainda não estarem habituados a desenvolverem em sala de aula discussões mais minuciosas (quando revelaram que as aulas eram muito extensas) e ao tipos de atividades que realizamos.

Outro ponto importante a considerar é que alguns educandos, ao apresentarem os pontos negativos do processo de ensino-aprendizagem desenvolvido, ressaltaram a ocorrência de algumas conversas paralelas que, às vezes, ocorriam na sala de aula. Podemos analisar esse dado como ponto positivo, pois isso nos demonstra que os educandos que apresentaram tal afirmação, estavam interessados em assistir e participar das aulas e as conversas paralelas poderiam estar impedindo a aprendizagem dos mesmos e o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem. É necessário dizer também que, quando isso acontecia os estudantes eram repreendidos e convidados a exporem suas discussões para toda turma.

Durante as entrevistas os educandos não apresentaram nenhum aspecto negativo e como sugestão, apenas reafirmaram que deveria haver mais projetos desse tipo na escola.

Reafirmando, de uma forma mais abrangente o que demonstramos acima, destacamos que foi notório o envolvimento, a participação e o interesse dos estudantes ao longo da SD. Em vários depoimentos eles demonstraram satisfação com o nosso trabalho, relatando sobre a importância da metodologia utilizada, o aprofundamento dos conteúdos de Genética e, de forma especial, ressaltaram as discussões realizadas em torno de temas de interesse e relevância social, essenciais para ampliar seus conhecimentos e exercer sua cidadania. A introdução dessas temáticas contribuiu para a motivação e o envolvimento dos estudantes, suscitando debates, discussões e algum desenvolvimento nos processos argumentativos dos educandos. Os alunos estabeleceram relações com fatos do cotidiano e isso contribuiu de forma marcante para que eles pudessem formar e evidenciar suas visões de mundo sobre os aspectos em discussão (SANTOS; MORTIMER, 2009).

Apesar dos estudantes estarem acostumados a uma tradição de ensino em que a participação ainda ocorre ocasionalmente, não tivemos dificuldades em relação à participação dos mesmos. Eles se mostraram interessados em aprender os assuntos estudados e participaram de todas as atividades propostas, sobretudo nas discussões realizadas.

A concretização da SD demonstrou que os alunos sentem-se estimulados a participar das aulas, interagir com os professores e colegas, relacionar o conhecimento estudado com os aspectos do seu cotidiano, desenvolver reflexões acerca de assuntos de interesse social, debater sobre assuntos/temas sociocientíficos, exercitar seu espírito crítico e se posicionar como possível agente participativo nas transformações que regem a sociedade.

Todos esses resultados apontam para a importância da inserção da educação CTS no ensino de Ciências como condição fundamental para o alcance da alfabetização científica e o objetivo da formação para a cidadania (SANTOS; MORTIMER, 2009).

#### **v) Perspectivas da professora regente, também sobre o processo desenvolvido:**

Para conhecermos as percepções da professora regente da turma (PRT) sobre a utilização da abordagem CTS no ensino de Biologia, usamos a entrevista como instrumento formal. Aliado a isso, também utilizamos como fonte de dados, as “falas” da referida professora em conversas informais ocorridas ao final das aulas ministradas pela professora/pesquisadora e na sala dos professores, as quais foram devidamente anotadas no diário de campo da pesquisadora.

No primeiro contato com a referida professora, ocasião na qual apresentamos o nosso projeto de pesquisa e solicitamos a permissão para realizarmos a nossa intervenção com os alunos da sua turma de 3º ano, a professora nos informou que desconhecia, até então, o referencial do *Movimento CTS* para o ensino de Ciências. Nesse momento, ela também demonstrou bastante curiosidade em conhecer a proposta e foi muito solícita para realização da mesma. Apenas com as nossas explicações a professora já antecipava alguns dos resultados da pesquisa:

*“É, eu acho que os alunos vão gostar. É uma proposta diferente, bastante dinâmica. Diferente do que eles tão acostumados a ter aqui na escola. Traz assuntos da Ciência discutidos na sociedade para a sala de aula. Vocês vão utilizar muitos recursos didáticos e isso pode facilitar a participação e aprendizagem dos alunos” (PRT).*

Consideramos este fato como um dado positivo, pois a proposta, antes mesmo de ser realizada, se configurou, na opinião da professora em questão, como ferramenta eficaz para proporcionar maior participação e envolvimento dos educandos nas aulas e, por consequência, para facilitar a aprendizagem dos mesmos.

Outro fator evidenciado imediatamente no primeiro contato com a professora regente e que merece destaque diz respeito ao desconhecimento dela em relação à existência e utilização da abordagem CTS no ensino de Ciências. Infelizmente, muitos professores da área, por não receberem uma formação docente de qualidade e que atenda aos objetivos educacionais para o ensino de Ciências, ainda desconhecem a importância e não sabem oferecer um ensino de Ciências capaz de preparar melhor os estudantes para a compreensão do mundo e das inter-relações do conhecimento científico e tecnológico na sociedade vigente.

Este fato corrobora com a literatura específica CTS quando, em diversos estudos, são apresentados argumentos sobre a necessidade de oferecer cursos de formação docente (formação inicial e continuada) que possibilitem contextos para professores e futuros/professores de Ciências, adequadamente, articularem as dimensões investigativas e educativas das Ciências, valorizando e incorporando inter-relações CTS, de modo a promover: abordagens curriculares que não descurem a dimensão conceitual do currículo; a compreensão do que se entende por métodos científicos utilizados na produção de conhecimentos científicos e; a formação pessoal e social dos educandos. A formação docente inadequada é vista por esses pesquisadores como um dos principais entraves para implementação da abordagem CTS no ensino de Ciências, juntamente com os programas escolares e os recursos pedagógicos (SANTOS; SCHNETZLER, 1997; MARTINS, 2002; TEIXEIRA, 2003a; CAPELO; PEDROSA, 2011; DUSO; BORGES, 2011).

Em outras palavras, queremos dizer que, na sociedade contemporânea, torna-se inadmissível uma formação docente que não possibilite aos professores habilidades para desenvolver um ensino de Ciências vinculado às questões éticas, históricas, políticas, econômicas e sociais que envolvem o desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia.

Ainda abordando as conversas informais com a professora regente da turma, pinçamos diversos comentários que ela introduziu sobre a proposta desenvolvida. São eles:

*"A turma está participando muito! Até o aluno 15<sup>27</sup> que não abria a boca na sala participa (risos). Na minha aula eles não eram assim não!" (PRT).*

---

<sup>27</sup> Usamos número em lugar dos nomes dos alunos para preservarmos suas identidades.



*“É, eles agora questionam muito. Frequentam mais as aulas” (PRT).*

*“O aluno 12 não queria nada com o estudo, agora ele tá participando de tudo na tua aula e até fazendo as atividades” (PRT).*

*“Eu nunca vi os alunos participarem da aula como eles participaram do debate, se empolgaram muito (risos)” (PRT).*

*“Se eu fosse trabalhar assim desse jeito que você faz não ia dar tempo pra eu dar todo o conteúdo de Biologia. A gente tem muita coisa pra dar durante o ano e só são duas aulas por semana, às vezes não dá tempo nem de dar o conteúdo mesmo!” (PRT).*

Fazendo uma breve análise dos comentários da PRT (posteriormente essas informações serão detalhadamente analisadas em conjunto com o depoimento da referida professora recolhidos durante a entrevista), notamos que entre os aspectos que mais chamaram a atenção da docente temos a notória participação, interação e o interesse manifestado pelos alunos nas aulas; o compromisso que desenvolveram para com as atividades propostas e; a preocupação com o pouco tempo disponível para as aulas de Biologia no Ensino Médio, fato que é visto pela educadora como o principal empecilho para aplicabilidade da abordagem CTS.

Ao ser entrevistada a PRT reafirma tais declarações e traz novas ideias importantes, ambas discutidas em particularidade logo a seguir:

Em se tratando da aplicabilidade dessa proposta no ensino de Ciências/Biologia ela acredita ser viável, entretanto terá que adequá-la às orientações curriculares impostas ao ensino de Biologia, as quais exigem o estudo de considerável conteúdo científico dentro de pequena carga horária disponível para essa disciplina, como demonstra o depoimento a seguir:

*“Ó eu acho que é uma proposta viável, (...) só que, assim, a questão da carga horária é pequena, né? Muito pequena, então não dá pra gente trabalhar né? Com CTS e, ée, a trabalhar com conteúdo né? Do currículo mesmo né? Da disciplina. Então, é, é, é, o tempo é curto. A gente necessitaria (...) de uma carga horária maior, mas é extremamente interessante...” (PRT).*

Como já apresentamos nas declarações proferidas pela PRT nas conversas informais, também na entrevista ela ratifica a eficácia da proposta realizada para promover a participação e interação dos estudantes nas aulas, ou seja, contribui para tornar as aulas de Biologia mais interessantes, interativas e dialógicas.

*“[...] a turma do terceiro ano, desse ano, é uma turma desinteressada, é, não gosta de participar de nada e eu achei que eles se saíram muuuito bem, é assim, na questão da participação, interação e discussão nas aulas ... Eu achei que eles se transformaram, a participação deles nas aulas foi muito significativa. Discutiam muito, perguntavam, questionavam e na minha aula eles não eram assim. Não queriam nada, eram desinteressados demais!” (PRT).*

*“Houve muuuuita mudança na turma, Aaah! A turma que nem eu falei, é desinteressadíssima né? Todos os professores das outras disciplinas comentam, eles não querem nada, não participam de nada, não faz nada, não tem pretensão, um bocado, (...) de fazer vestibular, alguns dizem que não quer nem fazer, outros né? Quer só concluir mesmo o segundo grau, são bem desinteressados e não tão nem aí, e eu vi que eles participaram da sua aula, você perguntava né? Ée, instigava eles, eles respondiam, bem assim, eu achei que eles ficaram interessadíssimos, assim, interessadíssimos né?” (PRT).*

Complementando a fala anterior, a PRT atribui esses resultados à diversidade metodológica utilizada e a forma como o conteúdo de Ciências foi abordado, sempre contextualizado e inter-relacionado aos assuntos tecnológicos e sociais. Assim, os conteúdos científicos se tornam mais interessantes, pois os alunos conseguem enxergar a Ciência como parte de suas vidas:

*“[...] talvez por ser (...) as aulas bem dinâmicas, é, diferenciadas (...). Ter várias estratégias didáticas (...). Não ficar naquela mesmice de quadro (...). Aula expositiva, teve as visitas, é, então é, é, eu achei muito interessante. Também a forma de trabalhar o conteúdo é diferente. Você traz os assuntos sócio-científico-tecnológico e depois (...) aborda o conteúdo específico, isso ajuda o aluno a entender melhor o conteúdo de Genética e ver que a Ciência está em todos os lugares da sociedade e também na sua vida né? (PRT).*

*“Se não fosse, talvez essa dinâmica que tem, que é a proposta né? De ter coisa diferente, trazer coisas novas, talvez eles não né? Não se interessassem” (PRT).*

A professora também ressaltou que achou muito interessante a articulação da tríade CTS, enfatizando que essa articulação é muito pertinente no ensino de Ciências, se quisermos colaborar na formação de um cidadão cientificamente alfabetizado:

*“Eu achei muito interessante a articulação CTS que você usou nas aulas. Você trouxe aqueles assuntos polêmicos como clonagem, células-tronco, transgênicos (...). E com eles você trabalhava o conteúdo de Genética, junto com discussões sobre a Tecnologia. Muito interessante! Os alunos, né, assim fica mais fácil deles se interessarem em aprender Biologia, porque a Ciência é contextualizada e discutida de forma mais ampla. Também mostra o lado ruim da Ciência e da Tecnologia. Isso faz os alunos desenvolverem uma visão mais crítica do mundo né?” (PRT).*

*“[...] Eu acho que eles conseguiram relacionar a Ciência, Tecnologia e Sociedade, eu acho que sim, trazendo né? Como eu disse, o conteúdo do dia-a-dia, pra dizer ah! Eu acredito que muito. Com certeza conseguiu fazer essa articulação. Tem que aprender mesmo né? A gente vive no mundo cheio de produtos da Ciência e da Tecnologia, é, é, tem que saber” (PRT).*

*“Eu percebi isso mais evidente nos debates, durante as aulas tinha também, mas no debate eles brigavam para defender a Ciência, outros eram contra (risos), é, é, é, essa relação era mais exposta”. Isso é muito interessante para eles formarem sua opinião sobre a Ciência e a Tecnologia e saber de verdade os dois lados, o bom e o ruim, né?” (PRT).*

As posições da PRT são compartilhadas por diferentes autores, com destaque para Auler (2002) e Moraes e Araújo (2012), que defendem que a aproximação do ensino científico de abordagens temáticas permite a discussão em sala de aula de assuntos atuais, relacionados a problemas locais ou globais, possibilitando que os

alunos reflitam sobre diferentes pontos de vista e se posicionem, avaliando criticamente aspectos positivos e negativos inerentes ao tema de estudo.

A abordagem temática realizada pelos professores tendo como suporte o uso de diferentes estratégias e recursos pedagógicos em sala de aula, compondo um quadro plural, possibilitará condições mais favoráveis para que os estudantes possam se aproximar do tema em estudo por diferentes caminhos, trazer diversas contribuições, enriquecer e complementar os conhecimentos e conceitos correlatos apresentados na classe (MORAES; ARAÚJO, 2012). Dessa forma, se constrói um ambiente de múltiplas interações, de diálogo aberto, favorecendo o envolvimento de todos e a realização de aulas mais interativas e dialógicas.

Sobre as discussões relacionadas à Natureza da Ciência a professora teceu os seguintes comentários:

*“Achei interessante, porque você tratou de como a Ciência é realizada, né?. É, é,é, mostrou os aspectos positivos e negativos do trabalho científico (...). Também falou sobre os interesses por trás dos avanços da Ciência e da Tecnologia (...). Isso é muito interessante porque os alunos vêem que a Ciência tem pontos positivos e negativos, assim eles passam a olha a Ciência de forma crítica” (PRT).*

O reconhecimento da PRT sobre a importância da inclusão do estudo da natureza da Ciência no ensino de Ciências é defendido pela literatura especializada em educação, a qual afirma que o ensino de Ciências que promova a compreensão dos modos pelos quais o conhecimento científico tem sido historicamente construído, propicia o desenvolvimento de momentos de discussão e reflexão que ajudam os alunos a desenvolverem seu senso crítico e abandonar a aceitação de explicações convincentes pela fé na palavra do mestre (MEDEIROS; BEZERRA FILHO, 2000).

Outro aspecto interessante para ser discutido, se refere aos cursos de formação docente. Nesse sentido, a PRT afirmou que não trabalhava de acordo com os princípios defendidos pelo Enfoque CTS porque não tinha uma formação adequada para desenvolver esse tipo de ensino e reafirmou que, até iniciarmos os trabalhos na escola, ela sequer já tinha ouvido falar sobre essa abordagem:

*“[...] Pra gente poder trabalhar com isso e, também assim, é e, a gente num, num, num foi educado dessa forma, então não ée?, nossa formação, a gente não teve isso, então pra o professor, pra o professor trabalhar com isso, a gente tem que ter uma certa experiência, uma certa vivência, tem que aprender também, né?, pra poder passar. A gente que nunca viu, ninguém vai saber como é. Não tem uma formação, então eu aprendi com você né?” (PRT).*

*“Assim, as suas aulas que eu assisti, eu aprendi o que é a proposta que eu também não conhecia, era nova pra mim, é, não conhecia e já sei como trabalhar, bem assim, agora já sei” (PRT).*

Como já discutimos no início dessa seção, para a implementação de uma educação CTS no ensino de Ciências, é importante, entre outras ações, que haja investimentos na formação docente de modo a promover condições adequadas para gerarem uma docência que foge a monotonia, se afaste da mesmice e ofereça condições para aperfeiçoar competências que auxiliarão o professor no desenvolvimento do enfoque CTS (MORAES; ARAÚJO, 2012).

Ao finalizarmos a entrevista com a professora participante da pesquisa, solicitamos que ela explicitasse quais os aspectos da proposta ela considerava como negativos. Também pedimos que apresentasse os entraves vistos como impedimentos para implementação do ensino via CTS na sua sala de aula e por fim, que expusesse críticas e sugestões sobre o trabalho por nós realizado. Mediante a tal solicitação a professora apresentou os seguintes comentários:

*“As sugestões, críticas né? Só mesmo a ressalva, a questão do tempo é, o tempo é muito curto, bem assim, pra fazer e só são duas aulas por semana de Biologia, ave Maria! O tempo passa assim voando, não dá não! O tempo muito curto, muuito. Mas é isso, é só mesmo assim, a dificuldade é a questão do tempo (...), é o horário que é curto, num, num tem como você né? Abordar da forma como você quer e trabalhar com o currículo que tem, que é obrigado (...) você trabalhar, que tem que dar o conteúdo e trabalhar (...), o ensino em cima disso, CTS. Mas é bem viável, é bem viável, só o tempo que é realmente curto” (PRT).*

Segundo a PRT a falta de tempo para realização da proposta aplicada foi o único problema para a implementação de um ensino via CTS nas aulas de Biologia. Nesse aspecto nossa tendência é concordar com a análise de PRT. O fator tempo, realmente é um entrave para a utilização dessa abordagem, pois, como dito pela docente e discutido na literatura em educação, nós professores também temos que seguir as orientações exigidas pelo currículo de Biologia. Muitas vezes, nem mesmo essas orientações são cumpridas, pois o tempo disponível para as aulas de Biologia é restrito (apenas duas aulas semanais) para estudarmos todo o conteúdo determinado. Levando em consideração que o desenvolvimento de atividades desse tipo requer um tempo considerável, esse fator se torna um obstáculo para a concretização dessa proposta.

Essas colocações da PRT se confirmam nas ideias de Martins (2002), que assegura que os programas escolares, instrumentos oficiais da política educativa vigente, condicionam o que os professores fazem na sala de aula, dado o seu caráter prescritivo sobre a avaliação dos alunos. No caso do ensino das Ciências, é consensual a queixa dos docentes sobre a sua extensão e complexidade, o que compromete as estratégias de ensino para que estes sejam executados. Ainda segundo a referida autora os programas curriculares, no que se referem a sua lógica interna e sua articulação longitudinal e transversal, juntamente com a formação dos professores (concepções, crenças e atitudes) e os recursos didáticos, são as principais razões que funcionam como obstáculos à implementação mais alargada do movimento CTS nas escolas.

É importante mencionarmos que diante da realização de nossa pesquisa, conseguimos apresentar a abordagem CTS no ensino de Biologia para a professora regente da turma, e também despertar na mesma a reflexão sobre sua prática docente, o que poderá contribuir para que essa prática seja modificada. Nesse sentido a professora fez o seguinte desabafo:

*“Agora minha prática mudou, sim! Agora eu sei é, ter um conteúdo, trazer né, uma abordagem do dia-a-dia pra sala de aula, e, e aprendi, eu já sei como é, aí dá pra trabalhar, pelo menos se não puder fazer o tempo todo né? Isso, mas pelo menos em algum momento né, trazer é, aha e fica bem rica a aula, bem interessante. Agora pretendo trabalhar dessa forma. Pretendo, oxente! É uma proposta interessantíssima né? Muito interessante, eu pretendo. Não! A gente não vai poder fazer isso o tempo todo né? Mas, por causa da questão do horário mesmo né? Da carga horária, mas, em qualquer momento assim que a gente puder vim né, apresentar alguma coisa do dia-a-dia, vai ser interessante”*  
(PRT).

Em suma, para a PRT a proposta utilizada se apresenta como um instrumento viável para promover a participação dos alunos nas aulas e nas atividades pedagógicas; propiciar maior interação entre professor-aluno e entre aluno-aluno; facilitar o processo de ensino-aprendizagem e a construção do conhecimento dos estudantes; subsidiar a construção de competências e habilidades para os educandos poderem atuar de forma ativa e responsável em assuntos relacionados à Ciência e à Tecnologia; propiciar a formação do cidadão e melhorar o ensino de Ciências veiculado nas escolas públicas. No entanto, parece que para a professora, apesar da funcionalidade da proposta, esta somente poderia ser aplicada durante algumas

aulas de Biologia, visto que temos pouco tempo para concretizarmos as orientações exigidas pelo currículo dessa disciplina.

**vi) Perspectivas da professora/pesquisadora sobre o processo de ensino-aprendizagem desenvolvido:**

Para evidenciar nossas perspectivas acerca do processo de ensino-aprendizagem utilizaremos as observações sistemáticas anotadas em diário de campo realizadas ao longo do processo. Fizemos a releitura dessas anotações como base para a reflexão que será apresentada na sequência.

Talvez essa seja a categoria mais difícil de ser discutida e analisada, se considerarmos o distanciamento que se deve estabelecer entre o pesquisador e a sua pesquisa, contudo, entendemos que isso pode ser facilitado se pensarmos na oportunidade de externar todo o aprendizado construído, os receios, acertos, erros, as conquistas e desafios vinculados à aplicação da proposta que essa investigação se propõe a analisar.

Achamos pertinente abordar não somente a análise realizada sobre o processo de ensino-aprendizagem em sala de aula mas, também, apresentar sob o olhar da pesquisadora, todos os fatores que direta ou indiretamente geraram implicações nesse processo.

Dessa forma, começaremos as nossas proposições exteriorizando os medos, riscos, desafios e obstáculos que nos deparamos ao planejar e implementar a nossa sequência didática para o ensino de Genética.

Nosso maior receio não estava relacionado aos resultados positivos ou negativos do presente trabalho, mas sim, na recepção que os estudantes teriam ao conhecer a proposta de ensino-aprendizagem por nós apresentada. Nosso temor era que os educandos, por estarem habituados ao formato do ensino tradicional, apresentassem alguma resistência ao desenvolvimento da SD e não concordassem em participar da nossa pesquisa.

De maneira diferente, no primeiro contato com a turma, ocasião onde apresentamos os objetivos da investigação e a forma como as aulas seriam efetuadas, os estudantes demonstraram muito entusiasmo e solicitude conosco. Por conseguinte, todos os alunos presentes (17 alunos) nesse primeiro encontro,

concordaram em participar das atividades programadas e relataram estarem ansiosos pelo início das aulas.

Tomamos este fato como um dado positivo, se considerarmos a curiosidade e o desejo de aprender como fatores essenciais e motivadores em qualquer processo de construção de conhecimentos.

Em relação aos riscos, corremos muitos: dos estudantes não corresponderem de forma esperada ou desejada com as atividades realizadas durante as aulas; de não conseguirmos finalizar os trabalhos em tempo hábil; dos gestores escolares não contribuírem para o desenvolvimento da pesquisa; da professora regente da turma não acompanhar as nossas aulas e; dos outros professores não ajudarem (caso precisássemos realizar algum tipo de trabalho em conjunto com eles ou utilizar algumas de suas aulas) com a nossa investigação. No entanto, nada disso se efetivou de forma a prejudicar a concretização desse trabalho. Tanto os estudantes quanto os gestores, professores e funcionários da escola contribuíram eficazmente para a efetivação das ações executadas.

A diretora, desde o primeiro contato com os pesquisadores, foi muito atenciosa e solícita. Em todos os momentos em que foi requisitada colaborou de modo expressivo para a implementação da SD: permitiu a saída da turma para participar das aulas fora do ambiente escolar; consentiu a trocas de horário entre nós e os outros professores da classe; autorizou a utilização de qualquer ambiente escolar e recurso didático necessário; viabilizou os lanches dos alunos em horários diferenciados (isso acontecia sempre que precisávamos estender o nosso horário de aula ou quando tínhamos as aulas extraclasse, pois retornávamos para a escola após o horário reservado para merenda); etc.

Da mesma forma, os professores de outros componentes curriculares, que também eram docentes da turma do 3º ano, foram muito prestativos e fundamentais para a efetuação do nosso programa de ensino. Muitas vezes, por causa das aulas fora da escola, da visita a APAE e de algumas ações realizadas (aquelas que demandavam mais de tempo, como as simulações de júris, elaboração de textos e apresentação de filmes) usávamos o tempo de aula de outras disciplinas. Sem nenhum impedimento todos os referidos professores cederam cordialmente as suas aulas. Devemos salientar a contribuição do professor da disciplina Filosofia que

naquela oportunidade, por já ter cumprido uma parte considerável do conteúdo programático desse componente curricular e por ainda possuir tempo suficiente para finalizá-lo, nos cedeu 15 aulas. Isso foi fundamental para concretização do nosso trabalho, pois caso não utilizássemos as aulas cedidas pelo supracitado professor, comprometeríamos os estudos dos conteúdos científicos da disciplina Biologia planejados para serem abordados durante a quarta unidade.

Em relação aos funcionários da escola, todos foram essenciais nesse processo, mas ressaltamos aqui o apoio daqueles responsáveis pelo setor de mecanografia e do áudio-visual, os quais realizaram com maestria todas as suas funções: Xerox e impressões de textos e, montagem de equipamentos áudio-visuais.

Em se tratando dos obstáculos e desafios encontrados no decorrer desse trabalho, citamos como o primeiro deles o planejamento da Sequência Didática. Esse processo, a nosso ver, é bastante complexo e exige tempo considerável dos professores.

Ao dizer da complexidade do planejamento da SD estamos nos referindo à escolha dos temas sócio-científicos que seriam abordados durante as aulas. Julgamos essa etapa a mais difícil de todas aquelas envolvidas no processo didático-pedagógico, pois devemos levar em consideração a funcionalidade do uso desses temas para o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem, para o desenvolvimento da alfabetização científica e para o exercício da cidadania. Por isso estes devem ser escolhidos com muito cuidado, sempre levando-se em conta as questões éticas, políticas, econômicas, religiosas e sociais que envolvem os temas selecionados. Além disso, as temáticas devem estabelecer conexões com os conteúdos científicos da disciplina e com as questões tecnológicas, já que a inter-relação Ciência-Tecnologia-Sociedade é fator preponderante para o ensino de Ciências voltado para a formação da cidadania. Dessa forma, não basta apenas escolher um assunto sócio-científico e trazê-lo para sala de aula, antes de tudo, é necessário conhecer o tema a ser abordado, estabelecer conexões com os conteúdos científicos em análise, instituir a metodologia e estratégias didáticas adequadas para facilitar o estudo das relações CTS e promover atividades que suscitem interatividade e dialogicidade na sala de aula, de modo a propiciar a construção de conhecimentos que



instrumentalizem os estudantes para tomar decisões e atitudes responsáveis referentes à Ciência e a Tecnologia.

Logo, o planejamento das aulas exige muita pesquisa, estudo, reunião de trabalho e tempo, de modo a selecionar estratégias e recursos para dinamizar o processo de ensino-aprendizagem. Esses fatores podem ser vistos como empecilhos para efetivação da educação CTS, visto que a maioria dos professores brasileiros, por receber baixos salários, é obrigada a trabalhar excessivamente, cumprindo até mesmo uma carga horária de 60 horas semanais, o que os impede de participar de cursos de aperfeiçoamento, estudar e de planejar aulas mais elaboradas e dinâmicas.

Outros itens que merecem destaque no âmbito dessas discussões, referem-se aos recursos didáticos e as estratégias metodológicas. Como sabido, a educação CTS preza pela dinâmica metodológica, pelo uso de múltiplos recursos didáticos e pelo desenvolvimento de uma abordagem interativa e dialógica (LIMA; TEIXEIRA, 2011). Entretanto, a maior parte das escolas públicas brasileiras não dispõe de materiais e recursos didáticos suficientes (como laboratórios, recursos áudio-visuais, acervo bibliográfico, internet, entre outros) para subsidiar a diversidade de estratégias metodológicas que deverá ser empregada nas aulas. Isso, em âmbito geral, se configura como um impedimento para que a o ensino via CTS seja implementado em sala de aula (MARTIN, 2002). No nosso caso, como já dissemos ao discutir a categoria “metodologia de ensino e recursos didáticos utilizados”, não tivemos dificuldades, pois a escola onde desenvolvemos o nosso projeto de pesquisa disponibilizou todo o material necessário para o desenvolvimento da SD e, além disso, contamos com o apoio da UESB.

Em se tratando das estratégias metodológicas, podemos afirmar que para concretizá-las eficazmente, o papel do professor deve sofrer alterações significativas, no sentido de elevar ao máximo os esforços para estimular a participação dos estudantes. Abandonamos, em parte, o papel de transmissores de conhecimento e assumimos uma postura de mediadores e organizadores das atividades de ensino-aprendizagem (HOFSTEIN et al., 1998; TEIXEIRA, 2003 a, b; LIMA; TEIXEIRA, 2011).

Entendemos que essa alteração da postura do docente também se caracteriza como um obstáculo para a educação CTS, visto que a formação docente oferecida pelo sistema educacional brasileiro não atende de forma suficiente a essa

necessidade, merecendo maiores esforços e investimentos no sentido de formar um professor capaz de executar um ensino voltado para a preparação do cidadão (TEIXEIRA, 2003a; SANTOS; SCHNETZLER, 1997).

Nessa perspectiva, também podemos dizer que muitos professores resistem a novas propostas de ensino, por estarem acostumados com o tradicionalismo do ensino de ciências vigente em nossas escolas.

Ainda nos referindo aos desafios encontrados ao realizarmos o processo de ensino-aprendizagem, citamos também a estrutura disciplinar da organização escolar. Tentamos sem sucesso desenvolver algumas atividades mais aprofundadas com os docentes de algumas áreas do conhecimento (Filosofia, Português, Geografia, História, Química e Matemática). Os professores demonstraram interesse em elaborar algumas ações comuns, mas alegaram a falta de tempo para o planejamento e execução dessas atividades como impedimento para a realização de um trabalho mais amplo. Talvez isso se justifique porque os docentes são formados em áreas específicas, trabalham com componentes curriculares específicos, isolados em relação aos demais que integram o currículo e; pela falta de oportunidade de discutirem e planejarem propostas de ação em conjunto com as diferentes disciplinas. Ou seja, a estrutura disciplinar presente na organização escolar propicia uma abordagem de ensino que dificilmente ultrapassa os limites internos do campo de conhecimento de que se está estudando (TEIXEIRA, 2003a).

Voltando-se agora as atenções para os estudantes, como demonstramos ao longo das discussões dos resultados do nosso trabalho, afirmamos que a metodologia didática aplicada contribuiu eficazmente para facilitar o processo de ensino-aprendizagem desses educandos.

Como apresenta a literatura CTS para o Ensino de Ciências, o processo de ensino-aprendizagem organizado com base nos princípios defendidos pela educação CTS, promove maior participação dos educandos nas aulas, propicia mais envolvimento dos mesmos na realização das atividades, torna as aulas de Ciências/Biologia mais atraentes, facilita a construção de conhecimentos, dar condições aos estudantes para tomarem decisões responsável referentes à CT, contribui para a alfabetização científica e subsidia a formação do cidadão.

Atrelamos esses resultados ao modo como o ensino CTS é efetivado, isto é, por meio de uma metodologia didática diversificada, trata das inter-relações entre compreensão da Ciência, planejamento tecnológico e solução de problemas práticos da sociedade associado ao desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão sobre temas sociais práticos (ROBERTS, 1991 apud SANTOS; AULER, 2011), o que torna o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico e prazeroso, pois o estudo da Ciência e da Tecnologia fica relacionado ao cotidiano dos alunos, dando sentido ao estudo realizado. Aliado a isso, esse tipo de ensino contribui para a superação de um ensino arcaico, descontextualizado, que se limita a transmitir informações desprovidas de significado que não são úteis na perspectiva da formação do cidadão (TEIXEIRA, 2003a).

Sendo assim, o desafio que se estabelece para os educadores é: despertar motivos para a aprendizagem, tornar as aulas interessantes para os educandos, trabalhar com conteúdos relevantes para que possam ser compartilhados em outras experiências (além da escola) e tornar a sala de aula um ambiente altamente estimulante para a aprendizagem (PAULA; BIDA, 2012).

Utilizando-se ainda da análise do processo de ensino-aprendizagem, também pudemos verificar se houve aprendizagem significativa por parte da maioria dos estudantes referente aos conteúdos científicos abordados nas aulas. Para isso, empregamos as análises sistemáticas do diário de campo, as atividades realizadas pelos educandos e as aulas desenvolvidas ao longo da SD. Nesse aspecto, a descrição das aulas feita anteriormente, a qual também vamos abordar com mais detalhes nos próximos parágrafos, já nos possibilita confirmar essa declaração.

Ao reportarmos sobre aprendizagem dos educandos, é importante destacar que, para inferir se a metodologia e as atividades empregadas auxiliaram os estudantes na apropriação de conceitos científicos e na manifestação de habilidades cognitivas, utilizamos as categorias de Zoller (1993), as quais caracterizam as habilidades cognitivas em dois níveis básicos: i) habilidades cognitivas de baixa ordem (conhecer, recordar/relembrar informações ou aplicar conhecimentos ou algoritmos memorizados em situações familiares) e ii) habilidades de alta ordem (orientadas para a investigação, análise e resolução de problemas, tomada de decisões, desenvolvimento do pensamento crítico e avaliativo) (ZOLLER, 1993).

Nessa direção, agora relataremos sobre os resultados das análises de algumas atividades avaliativas, as quais também serviram como instrumentos de apreciação da aprendizagem dos alunos.

### **Avaliação escrita:**

**Lista de exercícios:** Realizamos duas avaliações desse tipo ao longo dos encontros previstos para a SD, ambas referentes às Leis de Mendel. A primeira lista abordava os conteúdos relacionados à 1ª Lei e a segunda estava direcionada aos conceitos associados ao estudo da 2ª Lei de Mendel.

Ao concretizarmos as correções da primeira lista, pudemos notar que apenas dois alunos não responderam as questões. Estes alegaram ter se dispersado com outras atividades. Todas as questões foram corrigidas de forma coletiva, ou seja, a resposta final era dita antes da correção de cada questão e todos os alunos diziam se tinham acertado ou não. A partir daí, acontecia à correção de cada questão proposta no quadro, com a participação ativa dos estudantes. Dava-se uma atenção maior aquelas questões que os alunos não responderam corretamente, ou apresentavam dúvidas ou tiveram dificuldades em respondê-las. Tomando como base as respostas erradas, podemos afirmar que de 15 questões propostas, os educandos cometeram equívocos em apenas três. As dificuldades e dúvidas estavam relacionadas mais a interpretação dos enunciados das questões do que com as respostas das mesmas. Diante do exposto, arriscamos afirmar que, a maior parte dos estudantes conseguiu construir algum conhecimento relacionado aos conteúdos da 1ª Lei de Mendel.

É necessário mencionar que, durante a correção dessa atividade, alguns alunos também evidenciaram, por meio de comentários, que conseguiram aprender os conteúdos científicos até então abordados. Dentre os comentários feitos podemos ressaltar os seguintes:

*“Agora eu aprendi, agora eu consegui responder esse tipo de questão” (Aluno 1)*

*“Agora tô achando mais fácil responder essas questões, depois da sua aula ficou mais fácil, tô entendendo mais” (Aluno 3)*

Na realização da segunda lista, a correção foi realizada pelos próprios educandos sob orientação da professora pesquisadora. Os alunos foram convidados

a responder as questões no quadro, fato que contribuiu para maior interação entre aluno-aluno e alunos e professora/pesquisadora. Esse momento foi significativo pois, além dos educandos demonstrarem ter aprendido os conteúdos estudados, já que não apresentaram erros consideráveis ao solucionar os problemas, também promoveu o trabalho coletivo da turma, visto que todos os alunos se empenharam em ajudar os colegas que estavam respondendo a atividade.

Esse momento foi bastante prazeroso e construtivo, pois os estudantes evidenciaram um espírito competitivo, discutindo entre si as resoluções das questões, para apresentarem mais rapidamente os resultados das mesmas. Também observamos maior desenvoltura em solucionar os problemas propostos, quando comparamos com a correção da primeira lista. Isso também foi considerado um dado relevante porque indica que os educandos estavam gradativamente construindo seus conhecimentos científicos.

**Prova:** Essa avaliação foi realizada com intuito de também analisarmos os conhecimentos científicos dos estudantes sobre os conteúdos relacionados à 1ª Lei de Mendel. É pertinente citar que, trabalhamos com maior ênfase nesse assunto, porque os estudantes, apesar de já terem estudado esses conteúdos durante a primeira unidade escolar, explicitaram, no início das nossas aulas, não compreenderem de forma esperada os conceitos básicos de Genética e, apresentaram muitas dúvidas sobre esses assuntos. Essa dificuldade também foi evidenciada quando realizamos a dinâmica tempestade de idéias (descrita detalhadamente no capítulo anterior), levando-nos a tratar desses conteúdos com mais profundidade.

Essa prova foi elaborada com questões retiradas de exames vestibulares. Tal avaliação, em que pese sua limitação para indicar a aprendizagem dos alunos, também nos permitiu conhecer um pouco mais sobre o aprendizado dos alunos em relação aos conteúdos específicos propostos.

Como resultado geral, podemos declarar que os estudantes compreenderam os assuntos relacionados à 1ª Lei de Mendel. Do total de 19 alunos, 16 realizaram esse processo avaliativo. Desses 16 estudantes, 75% conseguiram ultrapassar a nota média (5,0) da escola, como demonstra o gráfico abaixo:

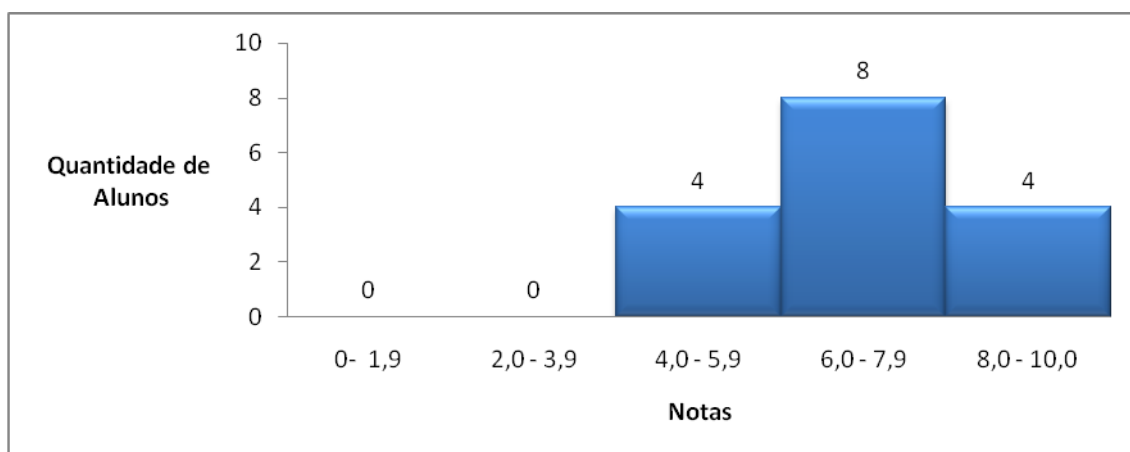


Gráfico 2 - Desempenho dos estudantes na avaliação sobre 1ª Lei de Mendel.

**Produção textual:** Essa ferramenta, apesar de não mensurar especificamente o grau de conhecimento que os alunos possuem em relação aos conteúdos científicos estudados na SD, de forma implícita, também indica se esses conhecimentos foram construídos. Para atribuímos juízo de valor a essas atividades utilizamos os conceitos satisfatório e insatisfatório. Entre as produções textuais dos estudantes, podemos destacar as seguintes:

- i) Resumo crítico sobre o vídeo intitulado “DNA a promessa e o preço”.

Logo na primeira aula, os alunos foram instruídos a construir um breve resumo sobre o vídeo apresentado e discutido. Nessa atividade os educandos deveriam explicitar além do resumo, suas percepções acerca do vídeo e relacioná-lo com a realidade dos mesmos. Como se tratava da primeira aula e nós ainda não havíamos trabalhado com os alunos as habilidades necessárias para realizar uma atividade desse tipo (apesar de já esperarmos que eles pudessem desenvolver atividades como essa), percebemos nos estudantes acentuada dificuldade para o desenvolvimento dessa tarefa.

Dos 18 alunos presentes nessa primeira aula e que realizaram o exercício proposto, 12 alunos apresentaram textos considerados por nós como insatisfatórios, pois esses se caracterizavam apenas como resumos e ressaltavam somente os benefícios da Ciência, não atendendo as exigências da proposta, que solicitava uma relação entre o vídeo em questão, os conhecimentos que os alunos já tinham sobre Genética e o contexto social dos mesmos. Apenas quatro estudantes realizaram satisfatoriamente essa atividade. Para chegarmos a essa afirmação, levamos em

consideração que os estudantes conseguiram abordar superficialmente as potencialidades e alguns riscos no uso dos conhecimentos e aplicações das pesquisas em Genética; citaram a importância dos avanços tecnológicos para a Ciência e exprimiram algumas ideias a respeito da utilização da Genética na sociedade. Entretanto, sobre os conhecimentos específicos dessa Ciência pouco foi mencionado. Sobre esse aspecto, desses quatro estudantes, um aluno escreveu que o DNA é composto por “pedaços” que definem as características dos seres vivos e que esses pedaços podem ser transferidos de um ser para outro (Organismos Geneticamente Modificados); outro comentou que as mutações ocorridas no DNA podem causar doenças genéticas; e dois disseram que algumas mutações genéticas podem ser hereditárias.

Nessa atividade os alunos demonstraram possuir pouco ou nenhum conhecimento específico sobre Genética. No entanto, devemos levar em conta que tal atividade foi desenvolvida na primeira aula e nessa ocasião não poderíamos esperar, nem cobrar dos alunos os conhecimentos que ainda seriam trabalhados posteriormente com maior ênfase ao longo das aulas.

Apesar disso, não poderíamos deixar de analisar tal atividade, pois a mesma se configurou como um instrumento avaliativo e também nos permitiu perceber que os estudantes envolvidos na pesquisa, antes de iniciarmos os nossos trabalhos, pouco sabiam sobre os conceitos científicos de Genética e sobre as interações construídas entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

ii) Resenha crítica sobre o texto “Aplicações da Genética, riscos e promessas”.

A leitura, discussão e elaboração de uma resenha crítica sobre o texto “Aplicações da Genética, riscos e promessas” aconteceu na 6ª aula.

Com a realização dessa atividade, pudemos perceber, tanto na discussão oral (discussão entre alunos e professora sobre o referido texto), quanto na construção textual dos educandos (elaboração da resenha crítica), que eles conseguiram construir conhecimentos significativos a respeito das aplicações da Genética, sobre os benefícios trazidos pelos avanços científicos e tecnológicos nessa área e, também

sobre os riscos e problemas que o desenvolvimento científico-tecnológico pode propiciar à população humana e ao meio ambiente. Os excertos abaixo, retirados das resenhas produzidas pelos estudantes demonstram tal constatação:

...entendimentos, aqui um breve comentário sobre as aplicações da genética na nossa sociedade.

O texto fala sobre o uso da Genética na nossa sociedade. Trás informações sobre alguns benefícios da genética para os seres humanos e para a natureza. É bem verdade que a aplicação dessa ciência está hoje em vários campos, da agricultura à saúde humana, como por exemplo os plantas Transgênicas que tem maior produtividade e resistência a pragas, doenças, estresses ambientais, produção de bio-combustíveis, tratamentos de doenças, testes de DNA, etc.

Mesmo trazendo muitas benéficas para a sociedade a ciência genética também trás alguns efeitos negativos; Os OGMs lançados na natureza pode produzir efeitos incontroláveis e desconhecidos, podendo causar malefícios a todos nós. Também pode-se utilizar a genética para produzir bombas biológicas que contaminam e mata a toda população humana.

...conclusões sobre esse assunto.

O que se constatou hoje é que o progresso da genética e o advento da engenharia genética já permitem aplicações significativas, quando não apenas benéficas, mas também colocando em discussão questões importantes sobre ética e segurança.

A genética e a ciência trouxe contribuições importantes no melhoramento de plantas e animais, no saúde e no meio ambiente, mas também pode contribuir para gerar graves problemas aos seres vivos, principalmente aos seres humanos e ao meio ambiente.

Muitas pessoas não sabem sobre a genética, nem dos benefícios nem dos riscos que ela pode causar ao mundo. Por isso é importante que a sociedade aprenda sobre as aplicações da genética, suas vantagens e promessas para poderem usar os benefícios trazidos pela genética e não utilizar os produtos produzidos por ela que fazem mal ao saúde e ao meio ambiente, como por exemplo os OGMs.



A Genética é a ciência que estuda a hereditariedade. Essa ciência nos proporcionou vários benefícios: diagnóstico de doenças, tratamento médico, produção de plantas transgênicas que são mais produtivas, fabricação de biocombustíveis, ajuda a solucionar crimes, fez testes de DNA, entre outros.

Com o desenvolvimento da ciência, tecnologia e da genética, hoje em dia nós podemos saber mais sobre nós mesmos e o nosso DNA, sobre as doenças, sobre os organismos e o meu ambiente. Também melhorou a nossa vida, trazendo muitos benefícios. Como o texto fala a genética trouxe tratamentos importantes para cura de doenças e melhoria da nossa saúde, como o uso das células-tronco para curar doenças, produção de insulina para diabéticos, cura de câncer, etc.

(Excertos retirados da resenha crítica produzidos pelos estudantes sobre o texto "Aplicações da Genética, riscos e promessas")

Durante a discussão oral os alunos também relataram conhecimentos significativos e específicos da Genética, destacamos os seguintes: explicitaram sobre a importância da fabricação dos organismos geneticamente modificados (explicitaram a criação de plantas mais produtivas e resistentes como a soja e o milho, a produção de substâncias importantes para promoção da saúde como as vacinas, insulina, etc.); ressaltaram sobre a utilização dos conhecimentos genéticos para diminuir o aparecimento de pessoas com doenças genéticas e para a promoção da saúde (citaram a realização de seleção de embriões saudáveis para a fertilização *in vitro*, sobre a prevenção e tratamento de doenças genéticas); falaram sobre a importância da utilização do DNA em testes de paternidade e em análises criminais e, por fim; citaram alguns prejuízos da utilização da Ciência e Tecnologia, como por exemplo, diminuição da variabilidade genética de determinadas espécies, surgimento de novas doenças e novos seres vivos modificados geneticamente e da utilização desses conhecimentos em prol de interesses mercadológicos.

Ainda de forma oral, os estudantes evidenciaram possuir conhecimentos satisfatórios sobre os conteúdos científicos de Genética. Eles conseguiram utilizar de forma contextualizada e correlacionada conteúdos como mutação Genética, quando mencionaram sobre a manipulação genética de seres vivos e a criação de OGMs; mostraram saberes a respeito de conceitos como herança dominante e variabilidade

genética, quando evidenciaram detalhes sobre a predominância de determinadas espécies modificadas geneticamente no meio ambiente, que pode ser um dos resultados da manipulação genética e das mutações; quando demonstraram sobre a necessidade de se conservar as espécies sem alterações genéticas induzidas e quando explicitaram conhecimento sobre genótipo, fenótipo e hereditariedade ao mencionarem que muitas pessoas podem ser portadoras de genes recessivos para determinadas doenças e transmiti-los a seus descendentes.

Outro dado importante destacado na produção do referido texto se refere à construção de uma visão mais crítica dos alunos sobre Ciência e a Tecnologia e a instrumentalização dos mesmos para o desenvolvimento de ações futuras mais responsáveis, também em relação à CT. Os fragmentos do texto a seguir revelam tal verificação:

numerosos e a natureza

Primeiro devemos sempre mais estudar e aprender sobre a ciência para que possamos escolher se queremos ou não fazer uso dos produtos feitos por essa ciência. Se a gente não souber sobre o que é feito pela ciência, nós ~~podemos~~ poderemos usar seus produtos, mesmo que nos façam mal, sem saber. Em fim, devemos sempre estudar a ciência para poderemos escolher o que a gente vai querer usar dela.

Em fim devemos construir o nosso pensamento crítico em relação à ciência, a prática e em tudo na vida, pois no fim a gente vai decidir sobre o que queremos e não aceitar o que é imposto pela ciência.

Mas, como tudo na nossa vida, a ciência e a genética tem o lado bom e o ruim. Três coisas positivas e negativas para nós e para o nosso mundo. Dessa forma nós e toda a sociedade devemos conhecer os dois lados da ciência e da genética para sabermos escolher o que podemos e queremos usar deles. Devemos olhar a genética criticamente sabendo que tem os prós e os contras. Assim a gente vai poder decidir se usa ou não a genética.

(Excertos retirados da resenha crítica produzidos pelos estudantes sobre o texto "Aplicações da Genética, riscos e promessas")

Como vimos acima, as produções dos educandos também nos apontam que a realização da nossa pesquisa está possibilitando aos mesmos caminharem em direção a construção do senso crítico-reflexivo no que diz respeito à natureza da Ciência, ao uso e aplicações da CT e sobre as implicações dos resultados das pesquisas genéticas na nossa sociedade.

É válido salientar que, ainda que a educação CTS não tenha como foco principal o aprendizado dos conhecimentos científicos, estes também devem ser considerados, já que são tratados como elementos de apoio para a estruturação de um pensamento crítico e reflexivo que facilite o entendimento do mundo (MORAES; ARAÚJO, 2012). Nesse ponto de vista, podemos afirmar que o processo de ensino-aprendizagem efetivado também contribuiu para o aprendizado significativo dos educandos em relação a alguns conteúdos científicos. Como citamos ao longo desse trabalho, esse dado foi evidenciado durante as diversas atividades realizadas (discussões em sala de aula, debates, simulação de júri, aulas práticas, provas, lista de exercícios, produção de texto), ou seja, os estudantes utilizaram seus conhecimentos científicos de Genética para interagir e participar desses trabalhos de forma significativa e para alcançarem bons conceitos nas atividades avaliativas escritas.

Nesse sentido, ainda tratando dos conhecimentos específicos de Genética, podemos afirmar que os educandos conseguiram desenvolver, segundo a classificação defendida por Zoller (1993), habilidades cognitivas de baixa e alta ordem, ou seja, demonstraram conhecer, recordar/relembrar informações

relacionadas aos conteúdos genéticos em diversas situações do seu cotidiano (habilidade cognitiva de baixa ordem) e utilizar esses conhecimentos científicos para analisar e resolver problemas que envolvem a aplicação dos conhecimentos genéticos, tomar decisões sobre esses assuntos e desenvolveram o pensamento crítico e avaliativo em relação a tais discussões (habilidade cognitiva de alta ordem).

Na esteira dessas discussões, precisamos destacar também o aprendizado construído pelos estudantes ao realizarmos a visita a APAE. Nessa ocasião os alunos tiveram a oportunidade de relembrem assuntos específicos de Genética (como por exemplo, conhecimentos sobre alterações genéticas, mutações gênicas e cromossômicas, fatores responsáveis por essas mutações e algumas doenças causadas por mutações genéticas, com destaque para a Síndrome de Down) e ampliarem saberes que transcenderam os estudos da Ciência. No que diz respeito a esses saberes, podemos afirmar que os educandos conheceram um pouco sobre a dinâmica da APAE, sobre a vida de alguns portadores de necessidades especiais; construíram uma nova visão sobre os portadores dessas necessidades e, principalmente, desenvolveram reflexões sobre suas próprias vidas, seus valores, atitudes e ações. A partir das reflexões feitas, eles evidenciaram que assumiriam uma postura mais respeitável, solidária e comprometida com as pessoas portadoras de qualquer necessidade especial e familiares. Além disso, também revelaram estarem construindo uma visão mais crítica em relação aos problemas sociais que envolvem a nossa sociedade, quando demonstraram indignação com os governantes que desrespeitam os direitos dos cidadãos e negam benefícios básicos como saúde, moradia e educação para a população mais carente e, evidenciaram vontade de usar os seus direitos de cidadãos em prol de uma sociedade mais justa e igualitária.

Em relação à participação e interação dos estudantes durante as aulas, notamos que, apesar dos alunos já participarem significativamente das atividades pedagógicas desde o início das nossas aulas, essa participação aumentava a cada momento. Talvez esse fato se justifique pela construção gradativa de conhecimentos, o que proporcionava maior segurança para exporem suas ideias e pela oportunidade de participar de momentos de discussão que abordavam questões sócio-científicas. Até mesmo os estudantes que demonstravam grande timidez, conseguiram

expressar suas opiniões ao longo das aulas e participar de forma ativa em todas as atividades.

Ao analisarmos os resultados da inclusão dos temas sociocientíficos no processo de ensino-aprendizagem, podemos afirmar que o uso de temas polêmicos que envolvem a Ciência e Tecnologia atualmente difundidos na sociedade, são assuntos provocadores de discussões e incitam a participação e interação dos estudantes em sala de aula, já que estes apresentam diferentes perspectivas (éticas, ambientais, morais, tecnológicas e sociais) que os convertem em questões controversas, proporcionando maior curiosidade, interesse e reflexão sobre as informações apresentadas (LOPES, 2010).

Outro ponto importante a ser tratado diz respeito aos instrumentos avaliativos, visto que estes não devem ser inconsistentes e incompatíveis com os objetivos pretendidos pela educação CTS. Assim sendo, é necessário que eles sejam organizados e efetuados de forma a suscitar a elaboração e exposição dos conhecimentos dos alunos de forma articulada com as questões sociais, científicas e tecnológicas. Igualmente, devem contribuir para estimular os estudantes a construir suas ideias a respeito de questões sócio-científico-tecnológicas, instigar o posicionamento crítico frente às informações apresentadas e desenvolver reflexões e atitudes voltadas para o exercício da cidadania. Para isso, os professores deverão saber preparar estratégias e instrumentos avaliativos com tais características. Para nós, isso não se configurou como dificuldade, mas pode vir a ser se os professores não forem devidamente orientados para desenvolver avaliações desse tipo.

Também não podemos deixar de mencionar sobre a mudança de concepções dos alunos referente à visão da Ciência. Reafirmamos aqui, que propomo-nos a incluir o estudo sobre a Natureza da Ciência no Ensino de Genética por acreditarmos que assuntos dessa natureza são fundamentais para promover a educação científica (PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007).

Apesar de apresentarmos uma categoria específica abordando as implicações do uso de conceitos sobre a Natureza da Ciência no processo de ensino-aprendizagem, convém apresentar agora, de forma sucinta, alguns efeitos desse estudo para o aprendizado dos estudantes.

Como sabido, o ensino de Ciências vinculado em nossas escolas, ainda transmite visões da Ciência que se afastam notoriamente da forma como se constroem e evoluem os conhecimentos científicos (GIL-PÉREZ et al., 2001). Igualmente, os nossos educandos possuíam uma visão neutra, positivista da Ciência e imaginavam que apenas os gênios tinham o saber e a capacidade de construir conhecimentos e artefatos científico-tecnológicos.

Foi notório que ao estudarmos os modos pelos quais o conhecimento científico tem sido historicamente construído ao longo dos anos, despertou curiosidade e interesse dos alunos nas aulas e possibilitou mais diálogo, interatividade e atenção pelos conteúdos científicos. Tomamos o cuidado de problematizar a visão positivista da Ciência, ou seja, facilitamos a compreensão da Ciência não como uma atividade neutra, isenta de interesses, feitas por gênios que apresentam descobertas de forma inesperada, mas sim, como uma construção humana, que se modifica ao longo do tempo e que em geral, os conhecimentos científicos, não são fruto de descobertas pessoais e sim de grupos de pesquisadores que são influenciados pelos métodos e concepções científicas vigentes numa determinada época. Dessa forma, conseguimos despertar nos alunos reflexões a respeito da neutralidade da Ciência e sobre o caráter ambivalente dos avanços científicos e tecnológicos, ajudando-os na construção de uma imagem da Ciência como atividade humana, sujeita a interesses de diversas ordens, nem sempre alinhados com aspirações públicas e democráticas (TEIXEIRA, 2003a).

É ainda evidente que, por buscarmos desenvolver a racionalidade e a participação significativa do estudante no seu meio social, como orientam os princípios CTS, conseguimos também proporcionar momentos de caráter interdisciplinar durante as aulas. Em outras palavras, queremos dizer que, ao estudarmos e discutirmos as questões sociocientíficas, passamos por diversas áreas do conhecimento (História, Filosofia, Química, Português, Matemática, etc.), visto que o estudo desses assuntos e a forma metodológica utilizada promovem momentos de discussão envolvendo aspectos éticos, políticos, econômicos, históricos, filosóficos, entre outros. Isso significa dizer que sem o envolvimento dos conhecimentos das outras áreas do saber seria impossível a abordagem desses temas sociais. Essa

discussão acerca dos momentos interdisciplinares será posteriormente apresentada, em pormenores, em uma seção reservada para esse fim.

Mais um indicativo relevante do envolvimento dos estudantes está na frequência dos mesmos durante o processo. Levando-se em consideração que, algumas vezes, as aulas aconteceram em diferentes horários e em diversos espaços, a maioria dos alunos (80%) apresentou percentual de frequência de 100%, demonstrando significativo nível de interesse que se manteve ao longo das 50 aulas.

Assim sendo, podemos antecipar que consideramos o processo de ensino-aprendizagem orientado pela educação CTS como uma proposta promissora, pois oferece subsídios para os estudantes alcançarem uma compreensão crítica e reflexiva sobre o contexto científico-tecnológico e suas relações com a sociedade (TEIXEIRA 2003; SANTOS, 2007; STRIEDER, 2008).

Verificamos ainda que a maioria dos estudantes respondeu favoravelmente a aplicação da proposta de ensino-aprendizagem no que se refere, por exemplo, ao desenvolvimento da comunicação, da argumentação e persuasão, da capacidade de trabalhar em grupo e de solucionar situações-problemas abordadas nas aulas relacionadas às temáticas sócio-científicas estudadas.

Entretanto, observamos algumas limitações em relação a sua implementação. Tais limitações tornam-se evidentes quando comparamos as condições que envolveram este trabalho em relação à realidade da maioria das escolas brasileiras: i) o planejamento e preparação da SD envolveu tempo considerável, enquanto os professores da educação básica geralmente não dispõem de tempo suficiente para refletirem sobre sua prática pedagógica e buscar novas alternativas de melhorias do ensino; ii) utilizamos diversos recursos didáticos durante as aulas, diferentemente do que acontece nas escolas, já que, muitas vezes, elas não dispõem de recursos suficientes que permitam aos professores diversificarem, dinamizarem e potencializarem o processo de ensino-aprendizagem; iii) algumas atividades propostas demandam um tempo considerável para serem executadas e as aulas regulares de Biologia nas escolas se concentram em tempos de 50 minutos ou no máximo 100 minutos, se considerarmos as aulas duplas, fato que impede ou dificulta o uso de diferentes atividades pedagógicas; iv) a nossa turma de alunos foi composta por 19 estudantes, sendo este aspecto relevante para maximizar o desenvolvimento

das atividades propostas, enquanto em uma classe regular, em geral temos pelo menos 30 alunos, dificultando a efetivação de um processo de ensino-aprendizagem mais eficaz.

Enfim, a nosso ver, a pesquisa realizada evidencia que a proposta desenvolvida oferece relevante contribuição para mudanças no ensino-aprendizagem de Biologia em função de aspectos como: a diversidade de estratégias didáticas, a utilização de diversos recursos didáticos, a maior interação entre professora e alunos, além da adoção de uma abordagem contextualizada dos conteúdos, e de uma perspectiva de ensino preocupada com a alfabetização científica e com a formação para a cidadania.

### **3.5 - Breves reflexões sobre a questão da interdisciplinaridade ao longo da Sequência Didática**

É sabido que a educação CTS também tem atribuído um papel importante para a interdisciplinaridade na alfabetização em Ciência e Tecnologia. Esses estudos priorizam a alfabetização científica e tecnológica interligada ao contexto social, fato que exige explorar os conhecimentos sob um caráter mais amplo e sob diversos domínios, envolvendo assim, um estudo interdisciplinar.

Em presença da utilidade dos estudos interdisciplinares para desenvolver a alfabetização científica e instrumentalizar os alunos para sobreviverem e atuarem de forma relevante no mundo atual, a nossa Sequência Didática também se propôs a realizar estudos desse tipo.

Apesar de limitarmos os trabalhos apenas à disciplina de Biologia, notadamente na parte referente à Genética, acreditamos que em várias situações, extrapolamos o enfoque reducionista e conceitual inerente a dimensão internalista da disciplina, o que se configurou num trabalho interdisciplinar. Isso é visível quando efetuamos as discussões de aspectos sociais, éticos, políticos, culturais, econômicos, ambientais, tecnológicos, saúde pública etc., que permearam o tratamento dos conteúdos de Genética e dos temas sociocientíficos (História e Filosofia das Ciências; Clonagem; Células-Tronco; Organismos Geneticamente Modificados; Genética e Saúde; etc) abordados ao longo da SD.



É pertinente salientarmos que essas discussões envolveram além dos conhecimentos das disciplinas diretamente relacionadas às Ciências exatas (química, matemática, física), os aspectos que dizem respeito a outros componentes curriculares como História das Ciências, História e Filosofia da Ciência, Filosofia, Sociologia, História, dentre outras.

Desse modo, podemos afirmar que as aulas de Genética com abordagens CTS nos oportunizaram, entre outros fatores, desenvolver o processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos científicos em torno de problemáticas reais e atuais; estudar os conceitos de Ciência e Tecnologia que são importantes para o conhecimento da sociedade e; levantar questões cunhadas na sociedade pelas implicações sociais do conhecimento científico e tecnológico (MARTINS, 2002), ou seja, utilizamos os conhecimentos de várias disciplinas para entender temas/problemas de relevância social por meio de diferentes pontos de vista (BAZZO; SILVEIRA; PINHEIRO, 2007).

Assim, construímos o processo de ensino-aprendizagem centrado em conhecimentos abordados de maneira contextualizada, conectados às realidades sociais, ambientais, econômicas e culturais, bem como às demais áreas de conhecimento, permitindo, assim, a promoção da interdisciplinaridade (MORAES, ARAÚJO, 2012).

Cabe destacar que o ensino de Ciências numa perspectiva interdisciplinar amplia a base e horizonte crítico do estudante, facilitando a construção de conhecimentos e a compreensão da Ciência em sua dimensão social (GARCIA, CERESO, LÓPEZ, 1996).

Assim sendo, defendemos que é possível criar possibilidades de romper com a fragmentação disciplinar, a partir de momentos de discussão que perpassam todos os elementos do conhecimento, pressupondo integração entre eles.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o propósito de analisar a aplicação do enfoque CTS nas aulas de Biologia, dedicadas a conteúdos de Genética, os resultados desse trabalho nos permitiram evidenciar reflexões sobre a abordagem das inter-relações CTS no Ensino Médio. Sendo esta investigação um estudo de natureza pontual, nos limitamos a elucidar algumas considerações acerca dos limites e possibilidades dessa abordagem no contexto educativo.

Assim sendo, elencaremos nossas considerações buscando refletir sobre os dados obtidos nessa caminhada, a luz das dimensões necessárias para que este enfoque seja efetivado.

Em se tratando da articulação CTS no ensino de Biologia/Genética, a proposta implementada propiciou desenvolver momentos de reflexões inter-relacionando as temáticas de relevância social e próximas à realidade dos estudantes com aspectos científicos e tecnológicos. A introdução de assuntos sociocientíficos no ensino de Genética tornou possível aos alunos relacionarem suas experiências escolares em Ciências com problemas de seu cotidiano; suscitou a curiosidade e maior interesse dos estudantes pelo estudo dessa disciplina; ajudou os educandos a se expressarem, ouvirem e argumentarem; propiciou o engajamento dos alunos nas atividades propostas; permitiu o desenvolvimento do raciocínio com maior exigência cognitiva; auxiliou na aprendizagem de conceitos científicos e de aspectos relacionados à natureza da Ciência; promoveu reflexões sobre alguns desafios referentes à Ciência e a Tecnologia impostos pela contemporaneidade e ofereceu condições para construir conhecimentos que podem auxiliá-los a tomar decisões responsáveis na sociedade que estão inseridos.

Especificamente quanto à metodologia de ensino adotada no desenvolvimento da proposta, é possível assinalar que é viável desenvolver trabalhos dessa natureza, nesse nível de ensino, mesmo considerando o contexto tradicional vigente em nossas escolas. Embora as discussões de temas/assuntos não façam parte, explicitamente, do programa curricular brasileiro, eles podem ser articulados à dinâmica do processo de ensino-aprendizagem veiculado no contexto educativo.

Constatamos que a metodologia de ensino orientada pelo enfoque CTS e realizada por nós neste trabalho, alavancou a participação e interesse dos estudantes por todas as atividades desenvolvidas; forneceu informações atualizadas sobre questões de Ciência e Tecnologia; viabilizou a construção de algum conhecimento científico e tecnológico dos educandos; auxiliou na formação de algumas atitudes (desenvolveram posturas mais críticas em relação à Ciência e Tecnologia e tornaram-se mais ativos e participativos durante as aulas) e valores éticos dos estudantes; desenvolveu atividades de ensino em que os alunos discutiram diferentes pontos de vista sobre problemas reais e; forneceu subsídios para melhorar o ensino de Ciências, proporcionando assim melhorias no processo de ensino-aprendizagem.

É pertinente dizer aqui que, com o desenvolvimento dessa proposta os educandos, antes caracterizados pelos professores da escola como desinteressados e descompromissados com os estudos, tornaram-se ao longo do desenvolvimento do nosso trabalho, mais comprometidos, participativos e estudiosos em relação à disciplina de Biologia.

Sem desconsiderar os aspectos positivos apontados acima, temos que observar algumas limitações em relação à implementação da abordagem CTS no ensino de Ciências/Biologia. Tais limitações tornam-se evidentes quando comparamos as condições em que este trabalho se desenvolveu em relação à realidade da maioria das escolas:

i) o planejamento e preparação da SD envolveu tempo considerável, enquanto os professores da educação básica geralmente não dispõem de tempo suficiente para refletirem sobre sua prática pedagógica e buscar novas alternativas de melhorias do ensino;

ii) dado a funcionalidade do uso dos temas sociocientíficos para o processo de ensino-aprendizagem, para a promoção da alfabetização científica e para a formação do cidadão, a escolha destes requer muito tempo, cuidado, estudo e atenção, o que pode se configurar como empecilho ao desenvolvimento dessa proposta, visto a pouca disponibilidade de tempo dos professores para estudar e elaborar aulas mais atraentes, eficazes e dinâmicas;

iii) utilizamos diversos recursos didáticos durante as aulas, diferentemente do que acontece na maioria das escolas brasileiras, já que, muitas vezes, elas não

dispõem de recursos suficientes que permitam aos professores diversificarem, dinamizarem e potencializarem o processo de ensino-aprendizagem;

iv) em algumas ocasiões utilizamos as aulas de outras disciplinas para realizarmos as atividades propostas, aumentando o tempo de duração das aulas normais de Biologia (em torno de 50 a 100 para 150 minutos), o que propiciou melhor organização e desenvolvimento do trabalho pedagógico, favorecendo a utilização de diversas atividades. Em contrapartida, em condições normais de ensino, não seria possível utilizarmos demasiadamente o tempo dedicado a outras disciplinas, fato que impede o uso de diferentes atividades pedagógicas e traz implicações negativas à educação CTS;

v) a nossa turma de alunos foi composta por 19 estudantes, sendo este aspecto relevante para maximizar o desenvolvimento das atividades propostas, enquanto em uma classe regular temos, em geral, 30 alunos, dificultando a efetivação de um processo de ensino-aprendizagem mais eficaz. Nesse sentido, o estudo reforça os ganhos em qualidade de ensino-aprendizagem que possuímos quando trabalhamos com grupos menores de alunos.

Quanto à abertura e envolvimento da escola, observamos que o corpo escolar foi muito receptivo, favorável ao desenvolvimento do nosso trabalho e se manteve sempre disposto a subsidiar a realização das atividades propostas. Todo o quadro de funcionários, desde os gestores até os encarregados dos serviços gerais, nos apoiou com muita presteza em todas as ações efetivadas ao longo das aulas.

No que diz respeito aos professores, estes foram muito prestativos e fundamentais para a implementação da SD. Entretanto, não foi possível contar com apoio e participação dos mesmos para realização de um trabalho de natureza interdisciplinar, que envolvesse todas as disciplinas em prol de um estudo mais amplo.

Considerando a dinâmica escolar, podemos afirmar que trabalhos desse tipo estão sujeitos a muitas limitações. Tais entraves são comuns a todas as escolas públicas brasileiras, já que elas cumprem um programa único de educação. Esse programa condiciona os conteúdos a serem estudados e a forma como estes devem ser abordados, circunstância que é considerada como um obstáculo para prática da educação CTS no ensino de Ciências. No nosso caso, o ensino fragmentado por

disciplinas e a necessidade de cumprir as exigências do programa de educação se configuraram como empecilhos determinantes para desenvolvermos um trabalho mais amplo envolvendo toda a escola e as diversas áreas do conhecimento.

Para alcançarmos êxito na implementação do enfoque CTS no ensino de Ciências, devemos levar em conta, entre outros fatores, o papel do professor. Para desenvolver a metodologia condizente com os princípios CTS, é necessário que a atuação docente seja capaz de contemplar a contextualização sociocultural; utilizar novas estratégias de ensino e recursos didáticos inovadores com enfoque atualizado; empregar processos discursivos; usar procedimentos investigativos em suas aulas; estimular o desenvolvimento da autonomia e do senso crítico nos alunos e; atender às necessidades e anseios dos jovens dessa sociedade dinâmica e dotada de elementos científico-tecnológicos.

Nesse sentido, é fundamental abandonarmos, em parte, o papel de transmissores de conhecimento e assumirmos uma postura de mediadores e organizadores das atividades de ensino-aprendizagem, ou seja, o professor passa a desempenhar um papel de formador/orientador em detrimento do tradicional papel de informador.

Entendemos que essa alteração da postura do professor também se caracteriza como um impedimento para a educação CTS, visto que a formação docente oferecida pelo sistema educacional brasileiro não atende de forma suficiente essa necessidade, merecendo maiores esforços no sentido de formar um professor capaz de executar um ensino voltado para a preparação do cidadão (TEIXEIRA, 2003a; SANTOS; SCHNETZLER, 1997). Nessa perspectiva, também podemos dizer que essa mudança no papel do professor, certamente, não é algo fácil e, muitos docentes resistem a novas propostas de ensino, por estarem acostumados com o tradicionalismo do ensino de Ciências vigente em nossas escolas, impedindo a execução de uma educação eficaz para desenvolver a cidadania.

Outro aspecto imprescindível a ser discutido, relaciona-se a aceitação e o papel dos estudantes frente à proposta desenvolvida. Consideramos que os estudantes tiveram uma boa aceitação em relação à abordagem realizada, porque demonstraram estarem motivados e entusiasmados com o trabalho concretizado e mantiveram-se

comprometidos com as atividades realizadas durante o processo de ensino-aprendizagem.

Em se tratando do papel do aluno diante desse processo, podemos afirmar que também sofreu algumas modificações. Estes foram convidados a saírem do estado de absorvedores acríticos de informações e orientados para serem agentes e sujeitos do conhecimento. Para isso, devemos oportunizá-los a se envolverem no processo de ensino-aprendizagem. Nessa pesquisa, esse aspecto foi contemplado. Desde o início das aulas os alunos tiveram espaço para exporem suas compreensões e percepções sobre os assuntos estudados, participarem e interajam de forma eficaz.

Em estudos dessa natureza o conhecimento é considerado como instrumento para a compreensão e transformação da realidade, ou seja, é voltado para a ação e para a intervenção. Dessa forma, entendemos que ao realizarmos este trabalho construímos um vínculo entre os conteúdos científicos e a realidade dos estudantes, na tentativa de criar possibilidades de unirmos o mundo da escola ao mundo da vida dos alunos.

Nessa direção, podemos constatar que a intervenção contribuiu para a aquisição de informações e valores por parte dos alunos, mudanças de percepção e de atitudes dos mesmos e, construção de novos conhecimentos sobre alguns conteúdos de Genética, sobre temas sociocientíficos de relevância social discutidos durante as aulas, sobre a natureza da Ciência e sobre o papel dos educandos como agentes de transformação social.

Certamente conseguimos suscitar o pensamento mais aprofundado e a conscientização dos estudantes sobre várias situações com a qual se encontram e desenvolverem uma capacidade para analisar e dialogar com outras pessoas, com diferentes posições.

Quanto ao desenvolvimento de uma postura de responsabilidade social, verificamos que é possível despertar pequenas ações por parte dos educandos, ainda que essas não venham a mudar diretamente a situação existente. Essas ações estão diretamente atreladas aos conhecimentos significativos construídos, pois a conquista desses pode estimular a efetiva participação e responsabilidade social dos estudantes.

Enfim, a análise dessa experiência embasada no enfoque CTS nos proporciona maior conhecimento em relação aos limites e possibilidades para a utilização dessa abordagem. Acreditamos que esse estudo cumpre seu papel ao fornecer subsídios para a aplicação do enfoque CTS em situações mais abrangentes, como por exemplo, ao longo de uma disciplina anual ou mesmo durante os três anos do Ensino Médio.

Entendemos que para alcançarmos mudanças significativas no campo educacional, melhorando as condições do ensino, é necessário desenvolvermos mudanças graduais e/ou pontuais que orientem os caminhos a serem percorridos em busca de uma educação em ciências com mais qualidade (AULER, 2002; STRIEDER, 2008; LIMA; TEIXEIRA, 2011).

Nesse sentido, a pesquisa evidenciou que a proposta desenvolvida oferece considerável contribuição para mudanças no ensino-aprendizagem de Biologia, em função de aspectos como: a diversidade de estratégias pedagógicas, a utilização de diversos recursos didáticos, a maior interação entre professores e alunos, além da adoção de uma abordagem contextualizada dos conteúdos, e de uma perspectiva de ensino preocupada com a alfabetização científica e com a formação para a cidadania.

## REFERÊNCIAS

ACEVEDO-DÍAZ, J. \_\_\_\_\_. Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. **Boletín Del Programa Ciência, Tecnologia, Sociedad e Innovación da Organização dos Estados Iberoamericanos-OEI**, jun., 2001. Disponível em: <<http://www.oei.es/ctsi15.htm>>. Acesso em março de 2001.

AIKENHEAD, G. S. Research into STS Science education. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n.1, 2009, p. 1-21.

\_\_\_\_\_. STS Education: a rose by any other name. In: **A vision for Science Education: responding to the work of Peter Fensham**. London: Ed. Routledge Falmer, p. 59-75, 2003.

\_\_\_\_\_. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. S. **STS education: international perspectives on reform**. New York: Teachers College Press, 1994, p.47-59.

AMORIM, A. C. Relações entre Ciência/Tecnologia/Sociedade: o que nos dizem os livros didáticos de Biologia? **Ensino em Re-Vista**. v. 4, n. 1, p.73-84, Jan – Dez, 1995.

ANDRADE, E. C. P.; CARVALHO, L. M. de. O Pro-Álcool e algumas relações CTS concebidas por alunos de 6ª série do Ensino Fundamental. **Ciência & Educação**. v. 8, n. 2, p. 167-185. Bauru, 2002.

ANGOTTI, J. A. P; AUTH, M. A. Ciência e tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. **Ciência & Educação**, v.7, n.1, p.15-27, 2001. Retirado em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n1/02.pdf>

ARAUJO, A. V; Pinheiro, T. F; Leite, T. H; Almeida, C. R. M; Dumans, A. T. N. A intervenção no ensino-aprendizagem de Genética a partir do uso de dinâmicas com graduandos da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 56, 2010, São Paulo. **Resumos...** São Paulo: CBG, 2010.

AULER, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de ciências**. Tese (Doutorado em Educação). Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

\_\_\_\_\_. Novos Caminhos para a Educação CTS: ampliando a participação. In: SANTOS, W. L. P; AULER, D. (Org.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa**. Brasília: Ed. UnB, 2011, p. 73 – 97.

\_\_\_\_\_. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, v. 1, número especial, 2007.



\_\_\_\_\_. BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do Movimento CTS no Contexto Educacional Brasileiro. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 1, 2001, p. 1-13.

\_\_\_\_\_. Movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS): modalidades, problemas e perspectivas em sua implementação no ensino de Física. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 6, 1998. **Anais...** Florianópolis: SBF, 1998, p. 268-271.

\_\_\_\_\_. DALMOLIN, A. M. T.; FENALTI, V. S. Abordagem temática: natureza dos temas em Freire e no enfoque CTS. **Alexandria**, v. 2, n. 1, p. 67-84, 2009.

AUSUBEL, D. P. **Educational psychology: a cognitive view**. New York, Holt. (Psicologia educativa: um ponto de vista cognoscitivo. México: Trillas, 1976.

BATISTETI, C. B; CALUZI, J. J; ARAÚJO, E. S. N; LIMA, S. G. O sistema de grupo sanguíneo Rh. **Filosofia e História da Biologia**, v. 2, p. 85-101, 2007.

BAZZO, W.A.; VON LINSINGEN; PEREIRA, L.T.V. (Eds.) Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). **Cadernos de Ibero-América**. Madri: organização de Estados Ibero-Americanos para a Educação, a Ciência e Cultura (OEI), 2003. Retirado em: [http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/kenia/materiais/Livro\\_CTS\\_OE\\_I.pdf](http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/kenia/materiais/Livro_CTS_OE_I.pdf)

BERNARDO, J. R. R; VIANNA, D. M; SILVA, V. H. D. A construção de propostas no ensino em Ciências-Tecnologia-Sociedade (CTS) para abordagem de temas sociocientíficos. In: SANTOS, W. L. P; AULER, D. (Orgs). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011.

BEZERRA, N. P. A. et al. Elaboração, utilização e avaliação de jogos didáticos para o ensino de Genética aos alunos do ensino médio. In: JEPEX JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 10., 2010, Recife. **Anais...** Recife, 2010. Disponível em: <http://www.sigeventos.com.br/jepex/inscricao/resumos/0001/R0454-1.PDF>.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto Editora, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. Resolução no 7, de 14 de dezembro de 2010. Fixa as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental de nove anos. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, p. 34, 15 dez. 2010. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14906&Itemid=866](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=14906&Itemid=866).

BRASIL. Ministério da Educação - MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica - Semtec. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação – MEC, Secretaria de Educação Fundamental (SEF). **Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação – MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação - MEC. Secretaria de Educação Fundamental (SEF). **Parâmetros Curriculares Nacional: do Ensino Fundamental: Ciências Naturais**. Brasília: MEC\SEF, 1997.

BYBEE, R. W. Science education and the science-technology-society (STS) theme. *Science education*, v. 71, n. 5, p. 667-683, 1987.

CACHAPUZ, A. Ensino das Ciências e mudança conceitual: estratégias inovadoras de formação de professores. In: **Ensino de Ciências**. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional, 1997.

\_\_\_\_\_. et al. Do estado da arte da pesquisa em Educação em Ciências: linhas de pesquisa e o caso “Ciência-Tecnologia-Sociedade”. *Alexandria*, v. 1, n. 1, p. 27-49, 2008.

\_\_\_\_\_. GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A Necessária Renovação do Ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

\_\_\_\_\_. PRAIA, J; JORGE, M. Reflexão em torno de perspectivas do ensino das ciências: contributos para uma nova orientação curricular: ensino por pesquisa. *Revista de Educação*, Lisboa, v. 9, n. 1, p. 69-79, 2000.

CAPELO, A; PEDROSA, M. A. Formação inicial de professores de Ciências, problemas atuais e percursos investigativos. In: SANTOS, W. L. P; AULER, D. (Org.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa**. Brasília: Ed. UnB, 2011, p. 439 - 461.

CARLETTO, M. R.; VON LINSINGEN, I.; DELIZOICOV, D. Contribuições a uma educação para a sustentabilidade. **I Congresso Ibero-americano de Ciência, Tecnologia, Sociedad y Innovación CTS+I**, Mesa 16, Palácio de Minería, 2006.

CARLETTO, M. R; PINHEIRO, N. A. M. Enfoque CTS: Repercussões de uma Prática Pedagógica Transformadora. In: **V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Bauru, 2005.

CARNEIRO, M. H. S; GASTAL, M. L. História e Filosofia das Ciências no Ensino de Biologia. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005.

CARVALHO, A. M. T. (Org.). **Formação Continuada de Professores: Uma Releitura das Áreas de Conteúdo**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

CARVALHO, A. M. P. Critérios Estruturantes para o Ensino das Ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (Org). **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

CARVALHO, W; GUAZZELLI, I. R. B. A educação biológica frente à cultura globalizada. **Enseñanza de las Ciencias**, número extra, 2005, p. 1-4. Disponível em: [http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc\\_a2005nEXTRA/edlc\\_a2005nEXTRAp5edubio.pdf](http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp5edubio.pdf).

CASAGRANDE, G. L. **A genética humana no livro didático de Biologia**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. 121p.

CERQUEIRA, J. B.; FERREIRA, E. M. B. **Recursos didáticos na educação especial**. Instituto Benjamin Constant, Rio de Janeiro, 2007.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: Questões e Desafios para a Educação**. Injuí: Editora Injuí, 2011.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. Petrópolis: Vozes, 2006.

CORRÊA, A. P. M; OLIVEIRA, D. A; FORTES, S.T. Estratégias didáticas para o ensino de Genética e formação docente: a experiência do PIBID em Boa Vista, Roraima. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA CONGRESSO DA CIÊNCIA, 63., 2011, Goiânia. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/livro/63ra/resumos/resumos/6886.htm>>.

CRUZ, S. M. S. **Aprendizagem centrada em eventos: uma experiência com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino Fundamental**. Tese de Doutorado. Florianópolis: CED/UFSC, 2001.

\_\_\_\_\_. ZYLBERSZTAJN, A. O Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade e a Aprendizagem Centrada em Eventos. In: PIETROCOLA, M. (org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

CUTCLIFFE, S. Ciencia, tecnología y sociedad: un campo interdisciplinar, In: MEDINA, M. y SANMARTÍN, J. (eds.) **Ciencia, tecnología y sociedad: Estudios interdisciplinares en la universidad, en la educación y en la gestión pública**, Barcelona: Anthropos, 1990.  
Editora da UFSC, 2001.

DAGNINO, R; DIAS, R. A política de C&T brasileira: três alternativas de aplicação e orientação. In: **Revista Brasileira de Inovação**, v. 6, n. 2, 2007.

DAMASENA, G. S.; LESSA, A. B. C. T. Importância do ensino de ciências nas séries iniciais – Uma abordagem sócio-interacionista. **Anais da 58ª Reunião Anual da SBPC** - Florianópolis, SC - Julho/2006. Disponível em:

<[http://www.sbpcnet.org.br/livro/58ra/SENIOR/RESUMOS/resumo\\_2529.html](http://www.sbpcnet.org.br/livro/58ra/SENIOR/RESUMOS/resumo_2529.html)>  
Acessado em: dezembro. 2011.

DELIZOICOV, D; ANGOTTI, J. A; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos**. São Paulo: Cortez, 2007.

DUARTE, M. C. A História da Ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 317-331, 2000.

DUSO, L; BORGES, R. M. R. Projeto integrado em sala de aula: ressignificação do processo de aprendizagem por meio de uma abordagem CTS. In: SANTOS, W. L. P; AULER, D. (Org.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa**. Brasília: Ed. UnB, 2011, p. 73 - 97.

FLECK, L. **La génesis y el desarrollo de un hecho científico**. Tradução de Luis Meana. Madrid: Alianza Editorial, 1986.

FLOR, C. C. Possibilidades de um caso simulado CTS na discussão da poluição ambiental. **Ciência & Ensino**, vol. 1, número especial, novembro de 2007.

FREITAS, D. et al. A natureza dos argumentos na análise de tema controversos: estudo de caso na formação de pós-graduandos numa abordagem CTS. Comunicação apresentada no **III Colóquio luso brasileiro sobre questões curriculares**. Universidade de Braga, 2006.

GALEGHER, J.J. A broader base for science education. **Science Education**, v. 55, p. 329-338, 1971.

GARCÍA, M. I. G.; CERESO, J. A.L; LUJÁN, J. L. **Ciência, tecnologia y sociedad**. Uma introducción al estudio social de la ciência y la tecnología. Madrid: Tecnos, 1996.

GIASSI, M. G., MORAES, E. C. A contextualização no ensino de biologia e sua importância para a compreensão do cotidiano. **II Simpósio Internacional , V Fórum Nacional de Educação**. Torres: ULBRA, 2008.

GIL-PEREZ, D. Contribución de la história y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un Modelo de Enseñanza/ Aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.

\_\_\_\_\_. Orientações Didáticas para a Formação Continuada de Professores de Ciências. In: MENEZES, L. C. (Org). **Formação Continuada de Professores de Ciências no Contexto Ibero-Americano**. Campinas: Autores Associados, 2001.

GIORDAN, A; VECCHI, G. **As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GOLDBACH, T; SARDINHA, R; DYZARS, F; FONSECA, M. Problemas e desafios para o Ensino de Genética e temas afins no Ensino Médio: dos levantamentos aos resultados de um grupo focal. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA, 2009, 7., Florianópolis. **Atas...** Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2009.

GOMÉZ-GRANEL, C. COLL, C. De qué hablamos cuando hablamos de constructivismo? **Cuadernos de Pedagogía**, n. 221, p. 8 - 10, 1994. Retirado em: <http://www.ctascon.com/De%20que%20hablamos%20cuando%20hablamos%20de%20constructivismo.pdf>

GOUVEIA, F. Aplicações da genética, riscos e promessas. **Revista pré-Univesp**, nº 06 - Genética/Dez anos do Projeto Genoma. 2010. Disponível em: <http://www.univesp.ensinosuperior.sp.gov.br/preunivesp/797/aplica-es-da-genetica-riscos-e-promessas.html>

GRANGER, G-G. **A Ciência e as Ciências**. São Paulo: Editora Unesp, 1994.

GRIFFITHS, A. J. F; GELBART, W. M; MILER, J. H; LEWONTIN, R. C. **Genética Moderna**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A, 2001.

\_\_\_\_\_. MILER, J. H; SUZUKI, D. T; LEWONTIN, R. C; GELBART, W. M. **Introdução a Genética**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A, 2002.

HOFSTEIN, A.; AIKENHEAD, G.; RIQUARTS, K. Discussions over STS at the fourth IOSTE symposium. **International Journal of Science Education**, v. 10, n. 4, 1988, p. 357-366.

HOLMAN, J. Editor's introduction: Science-technology-society education. **International Journal of Science Education**, v. 10, n. 4, 1988, p. 343-345.

HUNSCHE, S. et al. O enfoque CTS no contexto brasileiro: caracterização segundo periódicos da área de educação em ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009. **Atas...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

HURD, P. D. Science, technology and society: New goals for interdisciplinary science teaching. **The Science Teacher**, v. 42, n. 2, p. 27-30, 1975.

IMBERNÓN, F. **Formação Docente Profissional: Formar-se para a Mudança e a Incerteza**. São Paulo: Cortez, 2009.

JUSTINA, L. A. D; FERRARI, N. Bachelard: A teoria mendeliana como exemplo de ruptura - A construção do conhecimento científico na escola. **Biotemas**, v. 13, n. 2, p. 119-135, 2000.

\_\_\_\_\_. RIPPEL, J. L. Ensino de Genética: Representações da Ciência da Hereditariedade no Nível Médio. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA

EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2003, 4., Bauru. **Atas...** Bauru: Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2003.

KOEPSSEL, R. **CTS no Ensino Médio: aproximando a escola da sociedade.** Dissertação de Mestrado. Florianópolis: CED/UFSC, 2003.

KOSMINSKY, L.; GIORDAN, M. Visões de Ciências e Sobre Cientistas entre Estudantes de Ensino Médio. **Revista Química Nova na Escola**, São Paulo, n.15,

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo de ciências.** São Paulo: EPU, 1987.

\_\_\_\_\_. O ensino de biologia. In: **III Encontro Nacional de Ensino de Biologia**, 1991, São Paulo. Coletâneas do III Encontro Nacional de Ensino de Biologia. São Paulo: Faculdade de Educação-USP, 1991.

\_\_\_\_\_. **Prática de Ensino de Biologia.** São Paulo: Edusp, 2004.

\_\_\_\_\_. Pesquisa e ensino de Biologia, In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 4, São Paulo. **Anais.** São Paulo: USP, Faculdade de Educação, 1991.

\_\_\_\_\_. Reformas e Realidade: o caso do ensino de Ciências. São Paulo em Perspectiva, São Paulo, v. 14, n.1, p. 85-93, 2000.

LEITE, B. Biotecnologias, clones e quimeras sob controle social: missão urgente para a divulgação científica. 14(3), São Paulo. **São Paulo em Perspectiva**, p. 40-46, São Paulo, 2000.

LEITE, R. C. M.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A história das leis de Mendel na perspectiva fleckiana. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, v. 1, n. 2, p. 97-108, 2001.

LEMGRUBER, M. S. Um panorama da educação em ciências. **Educação em Foco**, v. 5, n. 1, p. 13-28, 2000.

LEWIS, J; LEACH, J; WOOD-ROBINSON, C. What's in a cell? - young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. **Journal of Biological Education**, v. 34, n. 3, p. 129-132, 2000.

\_\_\_\_\_. WOOD-ROBINSON, C. Genes, chromosomes, cell division and inheritance do students see any relationship? **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 2, p. 177-195, 2000.

LIBÂNEO, J. C. **Didática.** São Paulo: Cortez, 1994.

LIMA, G. P. S. **Uma Proposta Metodológica para o Ensino de Citologia Baseada no Enfoque CTS.** 52f. 2010. Monografia de Conclusão de Curso de Ciências Biológicas, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Jequié-Bahia. 2010.

LIMA, G. P. S.; TEIXEIRA, P. M. M. **Análise de uma sequência didática de Citologia baseada no Movimento CTS**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2011, 8., Campinas. **Atas...** Campinas: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2011.

LINSINGEN, I. V. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, v. 1, número especial, 2007.

\_\_\_\_\_. O enfoque CTS e a educação tecnológica: origens, razões e convergências curriculares. Disponível em <http://www.nepet.ufsc.br/Artigos/Texto/CTS%20e%20EducTec.pdf>

LONGDEN, B. Genetics: are the inherent learning difficulties? **Journal of Biological Education**, v 16, n 2, p. 135-140, 1982.

LOPES, N. C. **Aspectos formativos da experiência com questões sociocientíficas no ensino de ciências sob uma perspectiva crítica**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Bauru, São Paulo, 2010. 230p.

LÓPEZ, J. L. L.; CERESO, J. A. L. Educación CTS en acción: enseñanza secundaria y universidad. In: GARCÍA, M. I. G; CERESO, J. A. L; LÓPEZ, J. L. L. **Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología**. Madrid: Tecnos, p. 225-252, 1996.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MARQUES, D. N. V; FERRAZ, D. F. **O uso de modelos didáticos no ensino de Genética em uma perspectiva metodológica problematizadora**. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/799-4.pdf>>.

MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no Ensino: há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, abr. 2007.

\_\_\_\_\_. História e Filosofia da Ciência no Ensino: o que pensam os licenciandos em Física da UFRN. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5, 2005, **Atas...** Bauru: Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2005.

MARTINS, I. P.; DIAS, C. C.; SILVA, P. A Biologia no ensino secundário: tendências curriculares, trabalho laboratorial e interesses dos alunos. **Revista de Educação**, Lisboa, v. 9, n. 1, p. 169-185, 2000.

\_\_\_\_\_. PAIXÃO, M. F. Perspectivas atuais Ciência-Tecnologia-Sociedade no ensino e na investigação em educação em ciência. In: AULER, D; SANTOS, W. L. P. (Org.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa**. Brasília: Ed. UnB, 2011, p. 135 - 160.

MARTINS, L. A. P. A história da ciência e o ensino da biologia. **Ciência & Ensino** v. 5, p. 18-21, 1998.

MARTINS, M. I. T. P. Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educacional português. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, Vigo, v.1, n.1, p. 28-39, 2002.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

\_\_\_\_\_. Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemología constructivista. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 1, p. 79-88, 1994.

MEDEIROS, A; BEZERRA FILHO, S. A natureza da Ciência e a instrumentação para o ensino da física. **Ciência & Educação**, v. 6, n. 2, p. 107-117, 2000.

MELO, J. R; CARMO, E. M. Investigações sobre o ensino de Genética e Biologia Molecular no Ensino Médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas. **Ciência & Educação**, v.15, n. 3, 2009, p. 592-611.

MORAES, J. U. P; ARAÚJO, M. S. T. **O Ensino de Física e o Enfoque CTSA: caminhos para uma educação cidadã**. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2012

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Ed. UNB, 1999.

\_\_\_\_\_. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MORTIMER, E.F. **Microgenetic analysis and the dynamic of explanation in science classrooms**. Proceedings of the III Conference for Sociocultural Research. Campinas, São Paulo, 2000. Retirado em: <http://www.fae.unicamp.br/br2000>.

MOURA, G. R. S.; VALE, J. M. F. do. O ensino de ciências na 5ª e na 6ª séries da escola fundamental. In: NARDI, R. (Org.). **Educação em ciências da pesquisa à prática docente**. 3. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2003. p. 135-143.

MUENCHEN, C. et al. Enfoque CTS: configurações curriculares sensíveis a temas contemporâneos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4, Bauru, 2005. **Atas...** Bauru: ABRAPEC, 2005. Cd Rom. p.11-18, 2002. Retirado em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc15/v15a03.pdf>

NASCIMENTO, T. G.; VON LINSINGUEN, I. Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o ensino de ciências. **Convergência**, n.42, 2004, p. 81-104.



NUNES, S. L. P. **Aproximações entre o Enfoque CTS e o Modelo de Investigação na Escola**: Uma proposta de educação para a cidadania no ensino de Física. Dissertação de Mestrado. Pelotas: UFPEL, 2005.

OSÓRIO, C. O. M. La educaión científica y tecnológica desde el enfoque em Ciencia, Tecnología y Sociedad: aprociaciones y experiências para laeducación secundaria. **Revista Ibero-Americana de Educação**, Madrid, n. 28, p. 61-81, 2002.

PAULA, G. M. C; BIDA, G. L. A importância da aprendizagem significativa. 2012. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1779-8.pdf>

PEREIRA, J. S. A; MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência nos Currículos dos Cursos de Licenciatura em Física e Química da UFRN. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCACAO EM CIENCIA, 2000, 7. Florianópolis. **Atas...** Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2000.

PEREIRA, J. S. A; MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência nos Currículos dos Cursos de Licenciatura em Física e Química da UFRN. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCACAO EM CIENCIA, 2000, 7. Florianópolis. **Atas...** Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2000.

PINHEIRO, N.A.M; SILVEIRA, R.M.C.F; BAZZO, W.A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PRAIA, J; GIL-PÉREZ, D; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2007.  
Resgatando a Função do Ensino de CTS. Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v.1, n.1, Mar, p. 109-131, 2008.

REIS, P; GALVÃO, C. Teaching Controversial Socio-Scientific Issues in Biology and Geology Classes: A Case Study. *Electronic Journal of Science Education*, Washington, v. 13, n. 1, p. 1-24, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ipsantarem.pt/bitstream/10400.15/96/1/art7-reis.pdf>

RICARDO, E. C; CUSTÓDIO, J. F; MIKAEL JUNIOR, F. R. A tecnologia como referência dos saberes escolares: perspectivas teóricas e concepções dos professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V. 29, n. 1, São Paulo 2007, p. 135 - 147.

ROBERTS, D. A. What counts as science education? In: FENSHAM, P. J. (Ed). *Development and dilemmas in science education*. Barcombe: The Falmer Press, 1991. P. 27-55.

SAMAGAIA, R.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma Experiência com o Projeto Manhattam no Ensino Fundamental. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 2, p. 259-276, 2004.

SANT'ANNA, I. C; BRANCO, A. L. C; CALEGARI, L. P; PEREIRA, K. F; MANGUJO, K. M. J; REZENDE, F; TAVARES, M. G. A influência dos jogos didáticos no processo de ensino- aprendizagem de genética. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 56, 2010, São Paulo. **Resumos...** São Paulo: CBG, 2010.

SANTOS, J. C. F. O desafio de promover a aprendizagem significativa. **Revista UNIABEU**, v. 20, p. 29-37, 2006. Disponível em: <http://cenfophistoria.files.wordpress.com/2012/02/textodesafio.pdf>

SANTOS, L. L.C. P. Problemas e Alternativas no Campo da Formação de Professores. **Revista Brasileira Est. Pedag.**, Brasília, v.72, n.172, p.318-334, 1991. Disponível em: <http://www.emaberto.inep.gov.br/index.php/RBEP/article/viewFile/475/485>

SANTOS, M. E. V. M. Encruzilhadas de mudanças no limiar do século XXI: co-construção do saber científico e da cidadania via ensino CTS de ciências. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2., 1999, Valinhos. **Atas...** Valinhos: Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, 1999.

SANTOS, M. E. V. M. Cidadania, conhecimento, ciência e educação CTS. Rumo a "novas" dimensões epistemológicas. *Revista CTS*, v. 2, n. 6, Dez, p. 137-157, 2005.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, nº especial, 2007.

\_\_\_\_\_. **O ensino de química para formar o cidadão:** principais características e condições para a sua implantação na escola secundária brasileira. Dissertação de Mestrado. Campinas: UNICAMP, 1992.

\_\_\_\_\_. Educação Científica Humanística em uma perspectiva freireana: resgatando a função do ensino de CTS. **Alexandria**, v.1, n.1, 2008, p. 109-131.

\_\_\_\_\_. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 36, p. 474-492, set/dez. 2007a.

\_\_\_\_\_. AULER, D. **CTS e educação científica:** desafios, tendências e resultados. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011

\_\_\_\_\_. MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Ensino**, v. 7, nº 1, 2001, p.95-111.

\_\_\_\_\_. MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S no contexto da educação brasileira. **Ensaio**, v. 2, n. 2, 2000, p.1-23.

\_\_\_\_\_. MORTIMER, E. F. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de Ciências: possibilidades e limitações. **Investigações em Ensino de Ciências – V14(2)**, p. 191-218, 2009.

\_\_\_\_\_. SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: compromisso com a cidadania.** Ijuí: Ed. Unijuí, 1997.

\_\_\_\_\_. SCHNETZLER, R. P. O professor de ciências: problemas e tendências de sua formação. In: SCHNETZLER, R. P.; ARAGÃO, R. M. R. (Orgs.). **Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens.** Campinas: UNIMEP, 2000.

SAVIANI, D. **Educação: do senso comum à consciência filosófica.** São Paulo: Cortez, Autores associados, 1996.

SCHEID, N. M. J., DELIZOICOV, D.; FERRARI, N. A proposição do modelo de DNA: um exemplo de como a História da Ciência pode contribuir para o ensino de genética. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2003, 4. Bauru. **Atas...** Bauru: Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2003.

SETÚVAL, F. A. R; BEJARANO, N. R. R. Os modelos didáticos com conteúdos de Genética e a sua importância na formação inicial de professores para o ensino de Ciências e Biologia. In: ENPEC - ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Anais...** Disponível em: <http://www.foco.fae.ufmg.br/pdfs/1751.pdf>.

SIERRA, D. F. M; LOPES, N. C; CARVALHO, W. L. P; PÉREZ, L. F. M. A abordagem de uma questão sociocientífica na educação de adultos. In: SANTOS, W. L. P; AULER, D. (Org.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa.** Brasília: Ed. UnB, 2011, p. 347 - 371.

SILVA, B. V. C. A história e filosofia da ciência na sala de aula: construindo estratégias didáticas com futuros professores de Física. **Lat. Am. J. Phys. Educ.** v. 6, n. 3, Sept, p. 412 - 416, 2012.

SILVA, D. S. F. **Ensino de Genética no Ensino Médio através de uma seqüência didática.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2011.

SILVA, G. B; FREITAS, D. S. Quando a Genética vira notícia: o uso de textos de divulgação científica (TDC) nas aulas de biologia. **Revista Didática Sistemica**, v. 03, p. 41-56, abr./jun. 2006. Disponível em: <http://www.seer.furg.br/ojs/index.php/redsis/article/viewFile/1214/510>.

SILVA, K. M. A. **Abordagem CTS no Ensino Médio: um estudo de caso da prática pedagógica de professores de Biologia.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

SILVA, O. B; OLIVEIRA, J. R. S; QUEIROZ, S. L. Abordagem CTS no ensino médio: estudo de caso com enfoque sociocientífico. In: SANTOS, W. L. P; AULER, D. (Org.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa.** Brasília: Ed. UnB, 2011, p. 323 - 345.

SILVA, S. G.; CICILLINI, G. A. O enfoque CTS no ensino de ciências: o que diz a prática docente? In: ESCOLA DE VERÃO P/ PROFESSORES DE PRÁTICA DE ENSINO DE BIOLOGIA, FÍSICA, QUÍMICA E ÁREAS AFINS, 6, 2003. **Coletânea...** Rio de Janeiro: SBENBIO/UFF, 2003. Cd Rom.

SOLOMON, J. The social construction of school science. In: MILLAR, R. (Ed.) **Doing science: images of science in science education.** London, New York, Philadelphia: The Falmer Press, p.126-136, 1989.

SOLOMON, J. **Teaching Science, Technology and Society.** Buckingham: open university press. 1993.

STRIEDER, R. B. **Abordagem CTS e ensino médio: espaços de articulação.** Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. 263p.

\_\_\_\_\_. **Abordagem CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas.** Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. 283p.

\_\_\_\_\_. KAWAMURA, M. R. Panorama das pesquisas pautadas por abordagens CTS. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009. **Atas...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

TEIXEIRA, P. M. M. Educação científica e movimento CTS no quadro das tendências pedagógicas no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 1, 2003.

\_\_\_\_\_. O enfoque CTS na pesquisa em Ensino de Biologia no Brasil: estudo baseado em dissertações e teses. In: SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS, 2, 2010. **Anais...** Brasília: UnB, 2010. Cd. Rom.

\_\_\_\_\_. A educação científica sob a perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica e do Movimento CTS no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v.9, n.2, 2003b, p. 177 – 190.

\_\_\_\_\_. Movimento CTS e suas proposições para o ensino de ciências. In: \_\_\_\_\_. (Org.). **Temas emergentes em educação científica.** Vitória da Conquista: Edições UESB, 2003a.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa em Ensino de Biologia no Brasil (1972-2004): um estudo baseado em Dissertações e Teses.** Tese (Doutorado em Educação)- Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2008.

THOMAS, J. Learning about Genes and Evolution through Formal and Informal Education. **Studies in Science Education**, v. 35, p. 59-92, 2000.

TRIVELATO, S. L. F. A formação de professores e o enfoque CTS. **Pensamiento Educativo**. Vol. 24, julho, 1999, p. 201 - 234.

\_\_\_\_\_. **C/T/S: Mudanças Curriculares e Formação de Professores**. Tese de Doutorado. São Paulo: FE/USP, 1993.

\_\_\_\_\_. O ensino de ciências e as preocupações com as relações CTS. **Juiz de Fora, Educação em Foco**, v. 5, n. 1, 2000, p. 43-54.

\_\_\_\_\_. Um programa de Ciências para Educação Continuada. In: TRIVELATO, S. Uma experiência de ensino para a cidadania. **Em Aberto**, Brasília, ano 11, nº 55, jul./set. 1992.

UNESCO. **A Ciência para o século XXI: uma nova visão e base de ação**. Brasília, 2003.

VALADARES, J. A teoria da aprendizagem significativa como teoria construtivista. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review - V1(1)**, pp. 36-57, 2011. Retirado em: [http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo\\_ID4/v1\\_n1\\_a2011.pdf](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID4/v1_n1_a2011.pdf)

VANNUCCHI, A. I. **História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

VIEIRA, C.T; VIEIRA, R.M. Construção de práticas didático-pedagógicas com orientação CTS: impacto de um programa de formação continuada de Professores de ciências do ensino básico. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 191-211, 2011.

VIEIRA, K. R. C. F.; BAZZO, W. Discussões acerca do aquecimento global: uma proposta CTS para abordar esse tema controverso em sala de aula. **Ciência & Ensino**, vol. 1, número especial, novembro de 2007

VILCHES, A; GIL-PÉREZ, D; PRAIA, J. De CTS a CTSA: educação por um futuro sustentável. In: SANTOS, W. L. P; AULER, D. (Org.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa**. Brasília: Ed. UnB, 2011, p. 161 - 184.

VILLANI, A. Conceptual Change in Science and Science Education. **Science Education**, v. 76, n. 2, p. 223-237, 1992.

VILLANI, A. Filosofia da Ciência e Ensino de Ciência: uma analogia. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.169-181, 2001.

ZABALA, A. **A prática educativa**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZANETIC, J. Ciência, seu desenvolvimento histórico e social: implicações para o ensino. São Paulo. Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. **Ciência na escola de 1º grau: textos de apoio à proposta curricular**. São Paulo: SE/CENP, 1991, p. 7-19.

ZOLLER, U. Are lecture e learning: are they compatible? Maybe for LOCS; unlikely for HOCS. *Journal of Chemical Education*, v. 70, n. 3, 195 - 197, 1993.

WILLIAM F. MCCOMAS. The principal elements of the nature of science: dispelling the myths. In: W. F. McComas (ed.) **The Nature of Science in Science Education**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1998, p. 53-70. Retirado em: <http://coehp.uark.edu/pase/TheMythsOfScience.pdf>

WOOD-ROBINSON, C; LEWIS, J; LEACH, J; DRIVER, R. Genética y Formación Científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.1, n.16, p.43-61, 1998.

YAGER, R. E. The status of science-techlogy-society. Reforms around the world, *International Council of Associations for Science Education/ Yearbook*, 1993.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A

---

Cópia do *Termo de Consentimento Livre Esclarecido* utilizado para obtenção da concordância dos estudantes para realizarmos as atividades propostas pela pesquisa.





**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB**  
 Departamento de Ciências Biológicas - DCB  
 Programa de Mestrado – Educação Científica e Formação de Professores

### TERMO DE CONSENTIMENTO

Prezado Aluno(a).

A mestranda **Grasielle Pereira Sousa**, aluna do Programa de Mestrado – Educação Científica e Formação de Professores, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB/Jequié-BA, estará desenvolvendo, como parte do **Projeto de Pesquisa de Mestrado** e sob a orientação do Prof. Dr. Paulo Marcelo M. Teixeira, uma proposta de abordagem de ensino que contempla discussões sobre interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS).

O objetivo da pesquisa é proporcionar aos educandos um conjunto de aulas dedicadas aos conteúdos de Genética, obedecendo os pressupostos do Enfoque CTS, que articula assuntos/conteúdos das Ciências/Biologia com aspectos sociais e tecnológicos.

Devemos ressaltar que a participação dos estudantes no projeto se dará de forma voluntária, não provocando qualquer tipo de prejuízo ou constrangimento. Os alunos assistirão às aulas, participarão das diversas atividades, preencherão um questionário de caráter avaliativo e serão entrevistados em alguns momentos das aulas.

Durante a pesquisa, também utilizaremos diversos recursos para constituição dos dados, como por exemplo, produções dos alunos, frequência dos mesmos, fotografias e filmagens das aulas e, depoimentos dos educandos. A maior parte das atividades será realizada nas dependências do Colégio Estadual Maria José e Lima Silveira, podendo ocorrer alguns trabalhos extraclasse no Campus da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB).

Dados da Pesquisadora:

Nome: Grasielle Pereira Sousa  
 E-mail: [grasipsousa@hotmail.com](mailto:grasipsousa@hotmail.com)  
 Telefone para contato: (73) 8812-3828

Caso vocês concordem em participar da pesquisa, pedimos a gentileza de preencher os dados abaixo:

Eu, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de idade, concordo em participar da pesquisa acima descrita voluntariamente.

\_\_\_\_\_. Jequié, 25 de maio de 2012.  
 Assinatura por extenso

## **APÊNDICE B**

---

Atividade avaliativa: texto crítico sobre o vídeo “DNA a Promessa e o Preço”



## APÊNDICE C

---

Atividade avaliativa: resenha crítica sobre o texto “*Aplicações da genética, riscos e promessas*”.



## APÊNDICE D

---

Atividade avaliativa: lista de exercício

Colégio Estadual Maria José de Lima Silveira

Disciplina: Biologia

Data: 27/07/12

Professora: Grasielle Sousa

Aluno (a): \_\_\_\_\_

LISTA DE EXERCÍCIOS: GENÉTICA

1) De um cruzamento de boninas, obteve-se uma linhagem constituída de 50 % de indivíduos com flores róseas e 50 % com flores vermelhas. Qual a provável fórmula genética dos parentais?

- a) VV x BB
- b) VB x VB
- c) VB x VV
- d) VB x BB
- e) BB x BB

2) (UFPR-83) Um retrocruzamento sempre significa:

- a) cruzamento entre dois heterozigotos obtidos em F1.
- b) cruzamento entre um heterozigoto obtido em F1 e o indivíduo dominante da geração P.
- c) cruzamento de qualquer indivíduo de F2 com qualquer indivíduo de F1.
- d) cruzamento entre um heterozigoto de F1 e o indivíduo recessivo da geração P.
- e) cruzamento de dois indivíduos de F2.

3) Podemos dizer que o fenótipo de um indivíduo é dado por suas características:

- a) unicamente morfológicas.
- b) morfológicas e fisiológicas apenas.
- c) estruturais, funcionais e comportamentais.
- d) herdáveis e não herdáveis.
- e) hereditárias

4) (Fac. Objetivo-SP) Em camundongos o genótipo aa é cinza; Aa é amarelo e AA morre no início do desenvolvimento embrionário. Que descendência se espera do cruzamento entre um macho amarelo com uma fêmea amarela?

- a) 1/2 amarelos e 1/2 cinzentos
- b) 2/3 amarelos e 1/3 cinzentos
- c) 3/4 amarelos e 1/4 cinzentos
- d) 2/3 amarelos e 1/3 amarelos
- e) apenas amarelos

5) A 1ª lei de Mendel considera que:

- a) os gametas são produzidos por um processo de divisão chamado meiose.
- b) na mitose, os pares de fatores segregam-se independentemente.

- c) os gametas são puros, ou seja, apresentam apenas um componente de cada par de fatores considerado.
- d) o gene recessivo se manifesta unicamente em homozigose.
- e) a determinação do sexo se dá no momento da fecundação.

6) (UFPA) Usando seus conhecimentos de probabilidade, Mendel chegou às seguintes conclusões, com exceção de uma delas. Indique-a:

- a) Há fatores definidos (mais tarde chamados genes) que determinam as características hereditárias.
- b) Uma planta possui dois alelos para cada caráter os quais podem ser iguais ou diferentes.
- c) Os alelos se distribuem nos gametas sem se modificarem e com igual probabilidade.
- d) Na fecundação, a união dos gametas se dá ao acaso, podendo-se prever as proporções dos vários tipos de descendentes.
- e) Os fatores (genes) responsáveis pela herança dos caracteres estão localizados no interior do núcleo, em estruturas chamadas cromossomos.

7) (UFSCAR) Que é fenótipo?

- a) É o conjunto de características decorrentes da ação do ambiente.
- b) Influi no genótipo, transmitindo a este as suas características.
- c) É o conjunto de características decorrentes da ação do genótipo.
- d) É o conjunto de características de um indivíduo.
- e) É o conjunto de caracteres exteriores de um indivíduo.

8) As pessoas que sentem gosto amargo ao provarem o Phenil-Triocarbamida ( P T C ) são designadas sensíveis e as que não sentem o gosto desta substância são chamadas insensíveis. O fator para a sensibilidade (S) é dominante sobre o que determina a insensibilidade (s). Do cruzamento de uma pessoa sensível com outra insensível nasceram crianças dos dois tipos: sensíveis e insensíveis. Quais os genótipos das várias pessoas citadas acima?

9) "Cada caráter é condicionado por um par de fatores que se separam na formação dos gametas". Mendel ao enunciar essa lei já admitia, embora sem conhecer, a existência das seguintes estruturas e processo de divisão celular, respectivamente:

- a) cromossomos, mitose.
- b) núcleos, meiose.
- c) núcleos, mitose.
- d) genes, mitose.
- e) genes, meiose.

10) (Pucsp) "Casais de pigmentação da pele normal, que apresentam genótipo \_\_ (I) \_\_ podem ter filhos albinos. O gene para o albinismo é \_\_ (II) \_\_ e não se manifesta nos indivíduos \_\_ (III) \_\_. São albinos apenas os indivíduos de genótipo \_\_ (IV) \_\_."



No trecho acima, as lacunas I, II, III e IV devem ser preenchidas correta e, respectivamente, por:

- a) AA, dominante, homozigoto e aa.
- b) AA, recessivo, homozigoto e Aa.
- c) Aa, dominante, heterozigotos e aa.
- d) Aa, recessivo, heterozigotos e aa.
- e) aa, dominante, heterozigotos e AA.

11) (Ufv) Os mecanismos da herança apresentam diferentes maneiras pelas quais os genes interagem entre si e com o ambiente para manifestarem seus efeitos no fenótipo dos seres vivos. Com relação aos princípios básicos da hereditariedade, assinale a alternativa CORRETA:

- a) Os genes codominantes têm menor influência no fenótipo do que os fatores ambientais.
- b) Na expressão gênica os efeitos do ambiente celular não são considerados.
- c) Os genes dominantes são independentes dos fatores ambientais para se expressarem.
- d) Pode ser muito difícil determinar se o fenótipo resulta mais do efeito gênico do que o ambiental.
- e) Na presença de genes recessivos, apenas o efeito ambiental prevalece no fenótipo.

12) (Uerj) Sabe-se que a transmissão hereditária da cor das flores conhecidas como copo-de-leite se dá por herança mendeliana simples, com dominância completa. Em um cruzamento experimental de copos-de-leite vermelhos, obteve-se uma primeira geração - F1 - bastante numerosa, numa proporção de 3 descendentes vermelhos para cada branco (3:1). Analisando o genótipo da F1, os cientistas constataram que apenas um em cada três descendentes vermelhos era homozigoto para essa característica.

De acordo com tais dados, pode-se afirmar que a produção genotípica da F1 desse cruzamento experimental foi:

- a) 4 Aa
- b) 2 Aa : 2 aa
- c) 3 AA : 1 Aa
- d) 1 AA : 2 Aa : 1 aa
- e) 1 AA : 1 Aa : 1 aa

13) (Ufla) A primeira lei de Mendel ou lei da segregação significa:

- a) um cruzamento onde se considera apenas um gene, representado por dois alelos.
- b) um cruzamento de dois genitores homozigotos contrastantes.
- c) um cruzamento de dois genitores heterozigotos.
- d) a separação de um par de alelos durante a formação dos gametas.
- e) um caráter controlado por dois ou mais genes.

14) (Puccamp) Do cruzamento de duas moscas com asas, nasceram 120 descendentes com asas e 40 sem asas. Se os 120 descendentes com asas forem cruzados com moscas

sem asas e se cada cruzamento originar 100 indivíduos, o número esperado de indivíduos com asas e sem asas será, respectivamente,

- a) 6.000 e 3.000
- b) 6.000 e 6.000
- c) 8.000 e 4.000
- d) 9.000 e 3.000
- e) 12.000 e 4.000

15) (Fuvest) Uma mulher normal, casada com um portador de doença genética de herança autossômica dominante, está grávida de um par de gêmeos. Qual é a probabilidade de que pelo menos um dos gêmeos venha a ser afetado pela doença no caso de serem, respectivamente, gêmeos monozigóticos ou dizigóticos?

- a) 25% e 50%
- b) 25% e 75%
- c) 50% e 25%
- d) 50% e 50%
- e) 50% e 75%

16) (Uel) No homem, a acondroplasia é uma anomalia determinada por um gene autossômico dominante.

Qual é a probabilidade de um casal de acondroplásicos, que já tem uma menina normal, vir a ter um menino acondroplásico?

- a) 1
- b)  $\frac{3}{4}$
- c)  $\frac{3}{8}$
- d)  $\frac{1}{4}$
- e)  $\frac{1}{8}$

17) (Fuvest) Do casamento entre uma mulher albina com cabelos crespos e um homem normal com cabelos crespos, cuja mãe é albina, nasceram duas crianças, uma com cabelos crespos e outra com cabelos lisos. A probabilidade de que uma terceira criança seja albina com cabelos crespos é:

- a) 75%
- b) 50%
- c) 37,5%
- d) 25%
- e) 12,5%

## **APÊNDICE E**

---

Atividade avaliativa: lista de exercício - 2ª Lei de Mendel

Colégio Estadual Maria José de Lima Silveira

Disciplina: Biologia

Data: 27/07/12

Professora: Grasielle Sousa

Aluno: \_\_\_\_\_

LISTA DE EXERCÍCIOS: GENÉTICA 2ª LEI DE MENDEL (Julho-2012)

01) Suponhamos que, numa planta, a cor branca do fruto seja condicionada por um gene dominante B e a cor amarela, pelo alelo b. A forma discóide é condicionada por um gene dominante E e a forma esférica, pelo alelo e. Cruzando-se uma planta BbEe com outra BBee, qual a probabilidade de aparecimento de exemplares BbEE e BbEe? Escreva o fenótipo de cada planta citada.

02) Nos cavalos, a cor negra é devida ao gene dominante B, e a cor castanha, ao seu alelo recessivo b. O caráter trotador é devido ao gene dominante T e o marchador, ao alelo recessivo t. Suponha que se trate de segregação independente.

a) que tipos de descendentes resultam do cruzamento de um trotador negro homozigoto para as duas características com um marchador castanho?

03) Considere um homem heterozigoto para o gene A, duplo recessivo para o gene D. Considere ainda que todos esses genes situam-se em cromossomos diferentes. Quais as combinações que ocorrerá entre os gametas?

04) Um indivíduo de genótipo AABb se reproduz por autofecundação. Quais os números de genótipos diferentes produzidos por esse indivíduo?

05) Duas plantas de ervilhas, que formam sementes amarelas e lisas, heterozigotas [VvRr], são cruzadas entre si. Qual a probabilidade de aparecerem, entre os descendentes, plantas que formem sementes verdes e lisas?

06) Um homem afetado por albinismo (recessivo) e heterozigoto para braquidactilia (dedos muito curtos - característica dominante), casa-se com uma mulher normal heterozigota para albinismo e heterozigota para braquidactilia. Quais serão as características genóticas e fenóticas dos descendentes desse casal?

07) Um casal tem o seguinte genótipo: ♀ aaBb; ♂ AaBb. Qual a probabilidade de esse casal ter um filho portador de genes bb?

08) Numa espécie vegetal, os genes recessivos que condicionam plantas baixas e flores brancas estão situados em cromossomos não-homólogos. Cruzando-se plantas duplamente heterozigotas, esperam-se descendentes que apresentem, ao mesmo tempo, plantas baixas e flores brancas em qual proporção?

09) Na mandioca existem dois pares de genes situados em dois pares de cromossomos diferentes, que atuam respectivamente sobre a cor da raiz e a largura dos folíolos. As relações de dominância para os fenótipos e genótipos são as que se seguem:

Raízes	
Genótipo	Fenótipo
BB	Marrons
Bb	
bb	Branças

Faça o cruzamento entre os indivíduos indicados e verifique a descendência:

a) Marron(homozigoto) Estreito (heterozigoto) x Branco e estreito (heterozigoto)

b) Marron(homozigoto) largo x branco e largo

Folíolos	
Genótipo	Fenótipo
LL	Estreitos
Ll	
ll	Largos

10) (UDESC 2008) A cor dos olhos é um exemplo de herança quantitativa. Na tabela abaixo estão relacionados os prováveis genótipos e fenótipos do cruzamento de um casal heterozigoto.

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB Castanho-escuro	AABb Castanho-médio	AaBB Castanho-médio	AaBb Castanho-claro
Ab	AABb Castanho-médio	AAbb Castanho-claro	AaBb Castanho-claro	Aabb Verde
aB	AaBB Castanho-médio	AaBb Castanho-claro	aaBB Castanho-claro	aaBb Verde
ab	AaBb Castanho-claro	Aabb Verde	aaBb Verde	Aabb Azul

Assinale a alternativa correta, quanto aos fenótipos resultantes de um casal cujo homem apresenta genótipo Aabb e a mulher, AABB.

- 25% com olhos azuis e 75% com olhos castanho-escuros
- 25% com olhos verdes e 75% olhos castanho-médio
- 25% com olhos verdes, 25% olhos castanho-médio, 25% castanho-claros e 25% azuis

- d) 50% com olhos castanho-médio e 50% com olhos azuis
- e) 50% com olhos castanho-médio e 50% castanho-claros



## APÊNDICE F

---

Roteiro de aula prática: primeiros contatos com a célula

Aluno(a):

---

## PRÁTICA 01

### PRIMEIROS CONTATOS COM A CÉLULA

#### INTRODUÇÃO

Todas as criaturas vivas são constituídas por células. No entanto, há uma grande diversidade de tipos celulares em cada ser vivo, constituindo os tecidos, aparelhos, sistemas e/ou órgãos que formam o mesmo.

As diferentes estruturas celulares interagem praticamente da mesma forma com a luz, sendo que as velocidades com que a luz atravessa os diferentes compartimentos celulares são muito próximas entre si. Isto é consequência da constituição química e da densidade dos diferentes componentes celulares, ou seja, dos seus índices de refração. As pequenas diferenças no índice de refração não são suficientes para dar contraste às diversas estruturas celulares.

O uso de corantes com capacidade de ligação diferencial a componentes químicos específicos da célula permite a sua identificação e localização. Para ser utilizada como corante, uma substância deve possuir cor e capacidade de ligação com grupos químicos específicos das células ou de seus produtos.

Em geral, os corantes interagem com os componentes celulares por meio de seus radicais ionizáveis, por interação eletrostática. Quando o radical ionizável do corante é aniônico (apresentando cargas negativas), este é dito de natureza ácida. Inversamente, se o corante é catiônico (apresentando cargas positivas), ele é de natureza básica.

Em pH fisiológico (aproximadamente 7,2), os ácidos nucleicos (DNA e RNA) apresentam cargas negativas, uma vez que eles possuem grupos fosfato ionizáveis na sua estrutura. Por isso, eles têm afinidade por **corantes básicos** como, por exemplo, o **azul de metileno** e a **hematoxilina**. Regiões celulares onde há predomínio de substâncias ácidas, como o núcleo, são chamadas **basófilas**, por terem afinidade por corantes básicos. O citoplasma também apresenta algumas regiões basófilas, dada a presença de RNA (principalmente o RNA ribossômico).

As proteínas, que participam da composição de quase todas as estruturas celulares, podem apresentar caráter ácido (quando contém predominantemente aminoácidos com radicais do tipo  $-\text{COO}^-$ ) ou básico (quando contém predominantemente aminoácidos com radicais do tipo  $-\text{NH}_3^+$ ). Esses radicais estarão ionizados dependendo do pH do meio intracelular. Grande parte das proteínas encontradas no citoplasma têm afinidade por corantes ácidos, o que confere a **acidofilia** característica desta região da célula. A **eosina** e a **fucsina ácida** são **corantes ácidos** e, portanto, coram as regiões celulares onde predominam os componentes de caráter básico.

Uma das técnicas de coloração muito utilizada na citologia e na histologia animal é a coloração pela hematoxilina e eosina (**HE**). A **hematoxilina**, por ser um **corante básico**, cora o núcleo (cor azul) devido aos ácidos nucleicos aí presentes. A **eosina**, por ser um **corante ácido**, cora o citoplasma (cor rosa) dada à predominância



de proteínas básicas nesta região da célula.

Este tipo de coloração, envolvendo a afinidade ácido-base, embora facilite o estudo da morfologia celular, não dá maiores informações a respeito da constituição química das estruturas coradas.

## OBJETIVOS

- Observar a diversidade celular existente nos diferentes materiais analisados.
- Observar alguns materiais biológicos após coloração.
- Relacionar a constituição química da célula e a utilização de corantes ácidos e básicos.
- Comparar as partes celulares nas diferentes células eucarióticas observadas.

## PROCEDIMENTO

**I** - Com uma gilete efetue um corte, o mais fino possível, num pedaço de **cortiça**. Coloque o corte sobre lâmina e acrescente uma gota de água. Cubra com uma lamínula.

\* Observe ao microscópio (objetivas de 10x e 40x) e desenhe as imagens resultantes.

**II** - Com uma espátula de madeira raspe lentamente a **mucosa bucal**. Espalhe sobre a lâmina o material colhido (espalhamento). Com o auxílio de uma pipeta, coloque sobre o esfregaço uma gota de etanol a 95% e deixe agir por cerca de 2 minutos. A seguir, pingue uma gota de *hematoxilina* (*azul de metileno* ou *azul de genciana* a 10%) e deixe por aproximadamente 3 minutos. Depois lave levemente o esfregaço em água corrente e deixe secar totalmente.

\* Observe ao microscópio (objetivas de 10x e 40x) as células epiteliais com relação ao limite celular, à forma, posição do núcleo, granulações cromatínicas (nucleares) e citoplasmáticas. Desenhe estas células nos aumentos correspondentes.

**III** - Retire um pedaço da epiderme do lado inferior de uma folha de *Setcreasea purpurea*. Pingue uma gota de água sobre uma lâmina e deposite sobre ela o fragmento obtido. Cubra com uma lamínula e observe os tipos de células, núcleos e os cloroplastos.

\* Observe ao microscópio (objetivas de 10x e 40x) e desenhe os diferentes tipos celulares.

**IV** - Retire um pedaço da epiderme do lado inferior de uma camada de bulbo de **cebola** e core com *azul de metileno* ou *azul de genciana* a 10%. Use também um corante básico, como a *fucsina ácida* ou a *eosina* em outro fragmento da epiderme da cebola

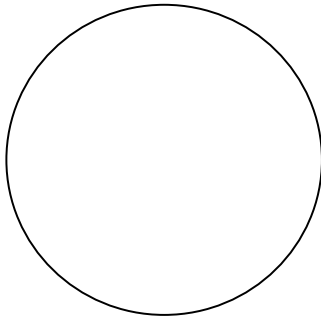
disposto na mesma lâmina.

\* Observe as paredes celulares espessas, vacúolos e núcleos. Desenhe estas células.

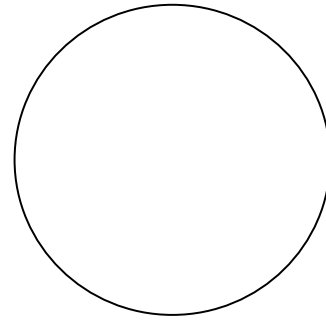
### ATIVIDADE PRÁTICA

\* Desenhos das imagens observadas:

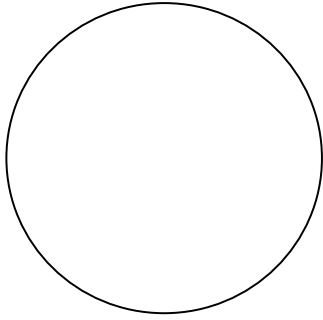
#### Cortiça



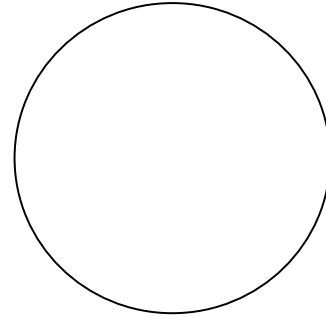
Aumento: 100x



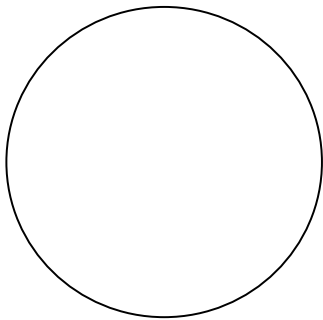
Aumento: 400x

**Mucosa bucal**

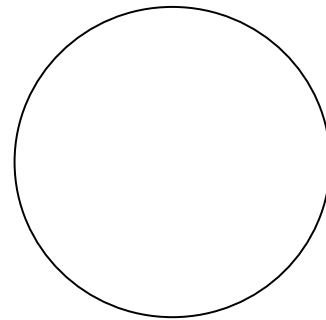
Aumento: 100x



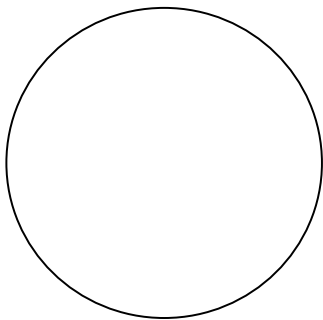
Aumento: 400x

***S. purpurea***

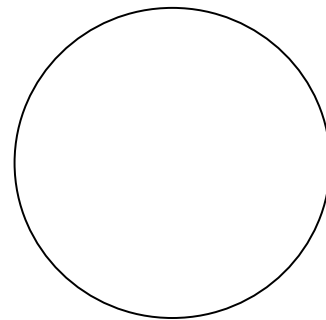
Aumento: 100x



Aumento: 400x

**Cebola**

Aumento: 100x



Aumento: 400x

**\* Responda:****I - O exame da cortiça nesta prática se prende a uma razão histórica. Cite-a.**

**II** - Por que, no caso da mucosa bucal, foi dito limite celular e não membrana plasmática?

**III** - Qual o efeito dos corantes utilizados sobre as células observadas?

**IV** - Preencha a tabela abaixo, colocando nos espaços vazios as características referentes às partes celulares observadas nos vários preparados.

Partes celulares	Materiais			
	<b>Cortiça</b>	<b>Mucosa bucal</b>	<b><i>S. purpurea</i></b>	<b>Cebola</b>
Núcleo				
Citoplasma				
Parede celular				

**V** - Qual a razão da existência de diferenças entre os diversos materiais examinados nos itens anteriores?

## **APÊNDICE G**

---

Questionário aplicado junto aos alunos participantes da pesquisa.





**ANEXOS**



**ANEXO 1**

---

**Texto:** *“Casal faz fertilização in vitro para impedir doença genética”.*

## Casal faz fertilização *in vitro* para impedir doença genética

FLÁVIA MANTOVANI

Folha de S.Paulo

Ele foi diagnosticado com uma doença genética incurável aos 30 anos. Das leves pontadas nos pés que sentia no início, foi perdendo a sensibilidade e a força nas pernas e teve dores no corpo todo, problemas digestivos e cardíacos. Perdeu a mãe e o irmão pelo mesmo problema e deixou Manaus, onde nasceu, para buscar um transplante de fígado em São Paulo --a única forma de parar a evolução da síndrome. Esperou por quase dois anos até que, em janeiro de 2008, conseguiu um doador. Um ano depois, o funcionário público André Luiz Gonçalves Bittencourt, 32, está recuperado da cirurgia e se prepara para ser pai. Sua mulher, a engenheira civil Paula de Melo Bittencourt, 30, está grávida de uma menina que, com 98% de certeza, não terá o gene causador da síndrome que afetou a família, a paramiloidose.

Marlene Bergamo/Folha Imagem



Paula e André Bittencourt, que fizeram FIV para evitar doença; bebê tem 98% de chances de não ter gene causador da síndrome

Se tivessem optado por uma gravidez natural, a chance de o bebê nascer com o problema seria de 50%. André não queria correr o risco, mas Paula chegou a cogitar essa opção.

"Eu sempre quis ser mãe e até pensei em engravidar naturalmente. Mas, com a morte do irmão dele, compreendi todo o sofrimento que essa doença causa."

Pensaram, então, em adotar. Foi quando descobriram a possibilidade de fazer uma FIV (fertilização *in vitro*) na qual só embriões saudáveis são implantados.

Isso é possível graças a um exame chamado DPGI (diagnóstico genético pré-implantacional), pelo qual é feita uma biópsia em uma das células de cada embrião para verificar se possui ou não a mutação.

O problema é que o casal só encontrou registros do procedimento para essa doença em outros países, principalmente em Portugal, que concentra o maior número de casos. "Tentamos com vários médicos e nenhum aceitou. Eles diziam que nunca tinha sido feito no Brasil para essa síndrome, que não a conheciam, que era complicado. Um médico de Manaus chegou a falar para a gente desistir", conta Paula.

Até que encontraram um especialista que aceitou pesquisar sobre a doença e fazer a tentativa. O DGPI, no entanto, teria que ser realizado nos Estados Unidos, pois exigia uma sonda específica, e o preço não ajudava, ainda mais em época de alta do dólar: US\$ 4.000.

"As células dos embriões seriam coletadas em São Paulo e enviadas para os EUA, e o resultado sairia em questão de horas. Mas era um gasto muitíssimo elevado para a gente. Apesar de todo mundo dizer que não tinha como fazer no Brasil, continuamos a pesquisar", diz Paula.

A insistência deu frutos. Descobriram, em uma entrevista na televisão, uma pesquisadora da Unicamp (Universidade Estadual de Campinas) que realiza o exame para várias doenças e disse que poderia fazer o teste para eles. Mas surpresa mesmo Paula ficou quando perguntou o preço. "Ela disse: "Nada. Você não paga seus impostos? A universidade é pública". Quase não acreditei", conta.

### **Tratamento**

O tratamento, lembra Paula, não foi fácil. Para que pudesse produzir muitos óvulos -o que aumentaria a chance de gerar embriões saudáveis--, ela precisou receber uma alta dose de hormônios e teve a chamada síndrome do hiperestímulo ovariano, com efeitos colaterais que a deixaram de repouso absoluto por uma semana. Os embriões foram congelados.

Enquanto isso, foi descoberto que seu endométrio (camada que reveste internamente o útero) era fino demais, e passaram-se dois meses até que atingisse, com a ajuda de remédios, a espessura mínima necessária.

Após o descongelamento, quatro dos 11 embriões iniciais não resistiram e, segundo o resultado da biópsia, cinco tinham o gene da paramiloidose. Os dois que sobraram foram transferidos para o útero de Paula, que se emociona ao lembrar esse momento. "A transferência foi um momento muito, muito mágico. Depois disso a gente sempre acreditou que tinha dado certo."

Ansiosos, os dois compraram um teste de farmácia, cujo resultado --positivo e fotografado para álbum de família-- foi confirmado pelo exame de sangue. Agora, três meses depois, sabem que é uma menina, Helena, que será criada em Curitiba, para onde o casal se mudará em busca de qualidade de vida.

Eles acreditam que seja o primeiro caso de fertilização *in vitro* com a separação do gene da paramiloidose no país e dizem que o tratamento deu esperança a outros portadores da doença. "Toda a comunidade de paramiloidose no Brasil está se sentindo vitoriosa", diz Paula.

Sobre os 2% de chance de que a criança nasça com o gene da paramiloidose, André diz que eles decidiram confiar no exame por considerarem uma margem pequena. "Decidimos não fazer o diagnóstico preciso depois do nascimento, mas não vamos fingir que nada aconteceu. Vamos manter a memória da doença e alertá-la."

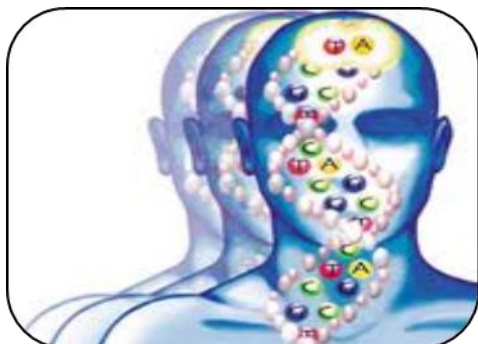
O ginecologista e especialista em reprodução humana Arnaldo Cambiaghi, responsável pelo tratamento, diz que a indicação da FIV com DGPI para pessoas com doenças genéticas ocorre quando o problema é mortal ou compromete gravemente a saúde, podendo causar grande sofrimento à criança e aos pais. "O importante é que as pessoas saibam que mesmo casais com doenças genéticas graves na família podem engravidar sem passar a herança para os filhos", afirma.

**ANEXO 2**

---

**Texto: *“Projeto Genoma faz 10 anos e perguntas se multiplicam”.***

## Projeto Genoma faz 10 anos e perguntas se multiplicam



No dia 26 de junho de 2011, completam-se dez anos desde que foi revelada ao mundo a ordem correta das substâncias bioquímicas que compõem o código genético humano. O balanço desse período é marcado por incertezas, exageros, frustrações e esperança. A ordem da sequência das três bilhões de bases: A, T, C e G - adenina, timina, citosina e guanina - foi anunciada após dez anos de trabalho, e de uma colaboração científica internacional coordenada pela Organização do Genoma Humano. "Foi uma descoberta fantástica. No entanto, criou muito mais perguntas do que respostas".

Houve um avanço significativo no conhecimento em relação às cerca de sete mil doenças genéticas que isoladamente são raras e causadas pela alteração em um único gene. "Com certeza, essas doenças tiveram um avanço maior nos últimos dez anos do que em toda a história, tanto na compreensão delas como no diagnóstico e também no tratamento".

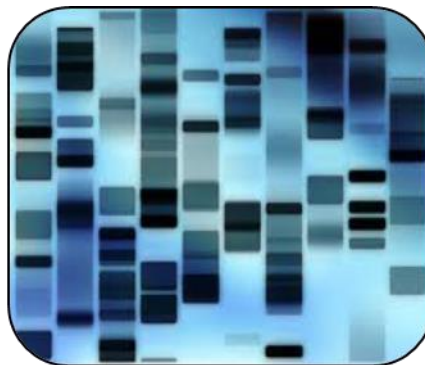
Por outro lado, segundo o médico, pouco se sabe sobre as doenças mais comuns que afetam o ser humano, como obesidade, hipertensão arterial, diabetes e câncer. Isso porque elas apresentam um componente tanto genético - que podem ser alterações em vários genes ao mesmo tempo - quanto ambiental, como cultivar hábitos ruins de vida, entre eles o sedentarismo e a alimentação inadequada. Depois do sequenciamento das três bilhões de letrinhas, tudo se baseou na comparação das letrinhas de pessoas normais com a de pessoas que têm a doença. Mas e se o problema não estiver na sequência das letras e sim em outras etapas da produção da proteína? Aí nós simplesmente estamos olhando no lugar errado. Uma outra dificuldade que se tem atualmente é a de preencher a lacuna entre a pesquisa genética e sua aplicação prática.

**ANEXO 3**

---

**Texto: *“O problema da não paternidade”***

## O problema da não paternidade



A não paternidade é um sério problema no Brasil. Dados do IBGE de 1988 já indicavam que cerca de 30% das crianças registradas no país não tinham pai declarado. Essas crianças precisam do reconhecimento legal, do apoio emocional e afetivo e do suporte financeiro de seus pais.

A determinação de paternidade pelo DNA alavancou no Brasil uma verdadeira revolução judicial e social. Esse método agilizou a solução de dezenas de milhares de casos judiciais e, paralelamente, permitiu a solução de dúvidas de paternidade na esfera extrajudicial, dentro do seio das famílias, em total sigilo. O que era impensável em 1985, quando Jeffreys publicou a técnica, hoje se torna rotina: resultados urgentes de testes de paternidade podem ser obtidos em menos de 24 horas!

A técnica consiste em um padrão de bandas absolutamente individuais, similar a um código de barras, 'impressões digitais de DNA', em analogia às dos polegares (ilustração). Essa descoberta tornou possível comparar o padrão genético de dois ou mais indivíduos e, pela primeira vez, comprovar com certeza absoluta (superior a 99,999%) se um indivíduo é ou não o pai biológico de uma criança.

Também podemos utilizar amostras biológicas diversas (sangue, células da bochecha, fios de cabelo com raiz, unhas, material de biópsias, dentes, ossos, tecidos fetais etc.) e realizar, com confiabilidade total, exames tanto antes do nascimento de um bebê (teste pré-natal) quanto após a morte do possível pai, por meio do estudo de parentes dele ou pelo estudo de restos mortais.

Graças a um lampejo de genialidade de Alec Jeffreys, um quarto de século atrás, podemos contrariar o adágio popular e definir, com certeza, se os filhos de nossos filhos são realmente nossos netos ou não.

**ANEXO 4**

---

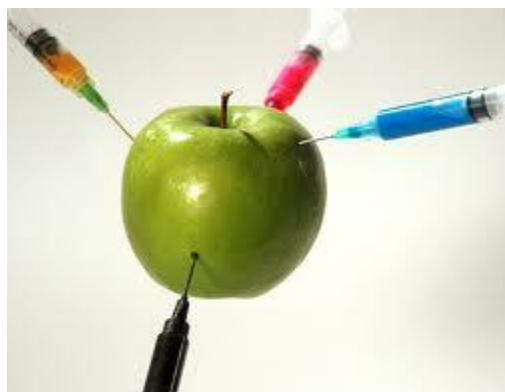
**Texto *“O alimento transgênico: vilão ou herói?”***



## O alimento transgênico: vilão ou herói?

Todo grande avanço científico, quando é bom, parece mágico num primeiro momento. Passado algum tempo, acaba sendo incorporado como prática rotineira, e ninguém consegue pensar como seria viver sem ele. Os pesquisadores vêm criando animais e plantas com um pequeno porcentual de diferença em relação aos que existem na natureza – e, como se pode acompanhar pela repercussão dessas intervenções, a sociedade tem observado os experimentos com espanto e preocupação.

Poucos temas são discutidos num clima de tanta paixão e irracionalidade quanto a transgenia. A lógica de produção dos transgênicos não é diferente dos métodos tradicionais de hibridização em plantas já conhecidos. A diferença é que, no caso dos transgênicos, a mistura envolve seres completamente diferentes, como plantas, bactérias e vírus, dos quais é retirado um gene para desenvolver essa ou aquela qualidade. Os transgênicos são o início de uma nova era na agricultura. Prometem ser o equivalente do século XXI à revolução verde, que triplicou a produção agrícola nos anos 60 e matou a fome de um continente inteiro, a Ásia. Seu proponente principal foi um agrônomo americano chamado *Norman Borlaug*. Com o uso combinado de novas técnicas de plantio, fertilizantes, herbicidas e



melhoramentos de espécies, Borlaug conseguiu transformar imensas regiões áridas e inóspitas em formidáveis produtoras de grãos. Se é assim tão bom, por que tanta gente sente os cabelos arrepiarem ao ouvir a palavra transgênico? A hostilidade tem raízes numa preocupação natural: os produtos geneticamente modificados ainda não são conhecidos o suficiente para ser usados com segurança. É razoável perguntar se um grão adaptado para resistir a herbicidas não irá igualmente desencadear o desenvolvimento

de proteínas desconhecidas no organismo humano capazes de provocar reações alérgicas. Apesar da aparente simplicidade teórica, a manipulação genética é complexa, por isso há a possibilidade de se criar monstros vegetais, já que não conhecemos os riscos de juntar organismos que jamais se cruzariam na natureza. A oposição aos transgênicos não se limita, no entanto, a movimentos preocupados com a saúde das pessoas e o equilíbrio do meio ambiente. Ela é engrossada por opositores ideológicos, para os quais as grandes empresas multinacionais que produzem transgênicos passariam a ter controle, através do domínio dessa técnica, sobre a agricultura dos países pobres.

Boa parte dos laboratórios já tem em suas linhas de pesquisa a segunda e a terceira gerações, com genes que aumentam o valor nutricional dos vegetais e combatem doenças infecciosas. Os benefícios deixarão de ser apenas dos agricultores e chegarão de forma explícita aos consumidores. Nessa categoria, inclui-se 1 milhão de crianças que morrem a cada ano por deficiência de vitamina A e as 350.000 que ficam cegas.

(Veja, versão online)

**ANEXO 5**

---

**Texto:** *“Aplicações da genética, riscos e promessas”.*

## Aplicações da genética, riscos e promessas

**Tratamentos médicos, alimentos e combustíveis são as áreas de aplicação mais beneficiadas pelos avanços da genética, mas há ainda um grande potencial a ser desenvolvido - Por Flávia Gouveia**

Talvez Mendel não acreditasse no grau de avanço que os estudos de genética, que começaram com os seus experimentos com ervilhas, alcançariam no início do século XXI. De lá pra cá, definiram-se os cromossomos, o DNA e sua estrutura, descobriu-se o código genético, chegou-se à clonagem e ao sequenciamento de genomas (informações hereditárias de um organismo encontradas em seu DNA). As aplicações dessa ciência estão hoje em vários campos, da agricultura à saúde humana, mas ainda há muitas promessas a cumprir.

Em visita ao Brasil no mês passado, para um simpósio na Universidade de São Paulo (USP), Eric Green, diretor do Instituto Nacional de Pesquisa do Genoma Humano, dos Estados Unidos, afirmou em entrevista à Folha de S.Paulo que muitos cientistas, no ano 2000, pensaram de forma equivocada que, em dez anos, testes genéticos diagnosticariam doenças como o câncer, Alzheimer e diabetes. Nas palavras de Green, “o que nós fizemos de maneira ingênua foi talvez prometer que avanços médicos viriam rapidamente”. Tal previsão ainda não se tornou realidade, seja pela complexidade das interações entre genoma e doenças, seja pela limitação de recursos humanos.

O que se constata hoje é que o progresso da genética e o advento da engenharia genética já permitem aplicações significativas, gerando não apenas benefícios, mas também colocando em discussão questões importantes sobre ética e segurança

### Melhoramento genético de plantas e animais

A agricultura e a pecuária foram os primeiros setores beneficiados pela genética. Há mais de dez mil anos, muito antes do surgimento dessa ciência, quando o homem passou a praticar o cultivo de alimentos e a criação de animais, ele já selecionava as sementes das melhores plantas para replantio e os animais mais fortes e produtivos para procriação. “Ali a humanidade já fazia genética aplicada, mesmo sem saber”, diz Dario Grattapaglia, doutor em genética, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e professor do programa de pós-graduação em Ciências Genômicas e Biotecnologia da Universidade Católica de Brasília (UCB).

Com as técnicas de seleção direcional de plantas mais produtivas e adaptadas, a hibridação por cruzamentos, e, mais recentemente, o advento dos transgênicos, os resultados em termos de produtividade e resistência a pragas, doenças e estresses ambientais como seca e frio aumentaram substancialmente. A produção de biocombustíveis, com destaque para o etanol e o biodiesel, foi também transformada pelo melhoramento genético vegetal, levando à obtenção de plantas mais resistentes, ao aumento da produtividade das culturas, e à melhor utilização do espaço de cultivo.

Na área alimentar, segundo Grattapaglia, “até cinquenta, sessenta anos atrás, não existia essa imensa disponibilidade de alimentos no mercado, e nem esse forte conteúdo tecnológico presente mesmo nos alimentos in natura, decorrente do melhoramento genético”. Ele lembra que o desenvolvimento de milho híbrido a

partir de 1908 foi um dos maiores avanços da história da genética aplicada, e que a revolução verde nos anos 1960 aumentou radicalmente a produtividade de trigo e arroz em países menos desenvolvidos. O pesquisador cita também os exemplos recentes da adoção de culturas transgênicas e o impacto do melhoramento genético animal na produção de proteína animal, com destaque para o leite, cuja produtividade foi multiplicada por mais de quatro vezes de 1940 até hoje.

### **Saúde e meio ambiente**

As intervenções sobre o material genético de animais e vegetais também deram origem a alimentos com propriedades nutricionais diferenciadas, visando melhorar a saúde de seus consumidores. Os estudos nutrigenômicos, que integram tecnologias genômicas e ciências nutricionais, objetivam obter alimentos mais ricos em proteínas ou micronutrientes com atividades funcionais de importância médica, favorecendo a boa saúde humana.

Apesar da complexidade dos estudos e experimentos com humanos, as aplicações da genética podem nos beneficiar por vários outros caminhos. De acordo com Oswaldo Keith Okamoto, professor do Departamento de Genética e Biologia Evolutiva do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP), a indústria farmacêutica mundial tem grande interesse e investe continuamente em pesquisa e desenvolvimento (P&D) com base em conhecimentos sobre genética e engenharia genética.

O tratamento da leucemia mielóide crônica é um bom exemplo. “O portador dessa doença apresenta uma anomalia no cromossomo de nome Filadélfia positivo, que gera uma proteína defeituosa, hiperativa no sangue, levando ao câncer (leucemia). Graças à genômica e aos investimentos da indústria farmacêutica, foi criado um inibidor enzimático, atualmente vendido no mercado pela Novartis, com o nome de Glivec”, conta Okamoto. O grande problema é seu preço para o consumidor: uma caixa com trinta comprimidos custa em torno de R\$ 12 mil, e a administração é de um a dois comprimidos ao dia. Mas há também casos em que as novas tecnologias baseadas na genética promovem a redução de preços para o consumidor, como o da produção de insulina para diabéticos, cujo processo conferiu maior qualidade ao hormônio e reduziu seu custo.

Na medicina, os testes genômicos podem auxiliar no diagnóstico (identificação) e no prognóstico (predição sobre a evolução e as chances de cura ou tratamento) de doenças. “É a medicina personalizada”, diz Okamoto, “em que a constituição genética de cada paciente conduz a um tratamento específico, com possibilidades de sucesso muito maiores”. No tocante às doenças genéticas, Grattapaglia lembra que é preciso ter cautela, pois a presença de mutações não necessariamente leva à manifestação de doenças. “O conceito de determinismo genético por vezes propagado na mídia é absolutamente falho. A interação da genética com o meio ambiente é muito importante, e, portanto, cada caso deve ser considerado individualmente”, diz.

Ele enfatiza ainda que, embora existam centenas de doenças genéticas bem conhecidas causadas por genes únicos, sua importância do ponto de vista populacional é relativamente pequena. “Essas doenças genéticas são raras na população mundial. Mesmo a anemia falciforme, a doença hereditária mais prevalente no Brasil, afeta em média um indivíduo a cada 1.500”, diz Grattapaglia. “Doenças influenciadas pela genética, mas complexas e causadas por vários fatores,

como o diabetes e algumas doenças cardíacas, ou doenças infecciosas causadas por bactérias e vírus têm um impacto muito maior na população mundial. A genética é uma ferramenta poderosa para combater essas doenças”, complementa.

Outro importante avanço da genética diz respeito a sua aplicação nos experimentos com células tronco, principalmente nas iPS, as células tronco pluripotentes induzidas. A partir de técnicas da engenharia genética, uma célula da pele recebe quatro genes que a reprogramam, tornando-a pluripotente, isto é, uma célula tronco, capaz de se transformar em outro tipo de célula. Essa técnica poderá ser usada para a produção de células que se deseja estudar em pacientes com qualquer tipo de doença.

O professor Okamoto cita a utilidade do procedimento em casos de doenças neurológicas. “É muito difícil e arriscado acessar o cérebro de uma pessoa e retirar tecido de seu sistema nervoso central para a realização de biópsias. Por isso, reprogramar uma célula de sua pele e gerar uma neuronal permite observar seu comportamento fora do corpo do paciente, sem riscos”, explica. Atualmente, tal procedimento está em fase de pesquisas e testes no mundo todo.

“Para que seja introduzido na prática médica, são necessários mais estudos e ainda a aprovação por organismos de regulação”, esclarece Okamoto.

Há ainda o uso da genética no sentido de minimizar efeitos negativos da ação humana sobre o meio ambiente, a biorremediação. Trata-se do uso de microrganismos ou plantas para a limpeza ou descontaminação de áreas ambientais afetadas por poluentes. O trabalho de algumas empresas de biotecnologia concentra-se na pesquisa e no desenvolvimento genético desses organismos, buscando modificar seus genes e aumentar sua eficiência despoluidora. Outra forma de promover benefícios ambientais com engenharia genética é usá-la para o controle de pragas. Uma das modificações genéticas mais utilizadas é a inserção de genes nas plantas que fazem suas células produzirem proteínas tóxicas aos insetos, mas sem qualquer impacto sobre a saúde humana. Conforme alerta Okamoto, “todas essas soluções trazidas pela genética parecem animadoras, mas elas não são totalmente isentas de riscos”.

### **Riscos, ética e aspectos jurídicos**

Se o uso da genética em questões forenses, como os testes de paternidade ou análises criminais (a partir de resíduos de sangue ou de um fio de cabelo, por exemplo), é hoje uma tecnologia consolidada na área jurídica, o mesmo não se pode dizer em muitos outros casos. “Quando lançamos organismos geneticamente modificados (OGMs) na natureza, seus efeitos podem ser incontrolláveis, por isso a questão deve ser discutida de forma criteriosa”, diz o professor Okamoto.

Embora haja controvérsias sobre os possíveis riscos futuros dos transgênicos, Grattapaglia afirma que não existe qualquer evidência de risco ambiental e à saúde humana relacionada aos atuais produtos. “Nós consumimos alimentos transgênicos há vinte anos, e não há nenhum relato científico de que isso tenha causado qualquer problema. Ao contrário, a redução do uso de pesticidas e herbicidas, que mal utilizados podem contaminar os alimentos, é uma certeza que temos dos benefícios da engenharia genética”, diz.

### **Legislação**

No Brasil, a Lei 8.974, de 1995, estabeleceu normas de biossegurança para regular todos os aspectos da manipulação e uso de organismos geneticamente modificados no país, incluindo pesquisa em contenção, experimentação em campo, transporte, importação, produção, armazenamento e comercialização. As atividades com OGMs no Brasil só podem ser desenvolvidas por pessoas jurídicas, legalmente constituídas. Para tanto, qualquer instituição que desejar desenvolver essas atividades deverá, de acordo com a legislação vigente, constituir uma Comissão Interna de Biossegurança (CIBio) e obter da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), desde que seguidas suas exigências, o Certificado de Qualidade em Biossegurança (CQB). A CTNBio é uma comissão técnica composta por representantes dos ministérios da Ciência e Tecnologia, Agricultura e Abastecimento, Meio Ambiente, Saúde, Educação, Trabalho e Relações Exteriores, bem como de representantes da comunidade científica, do setor empresarial que atua com biotecnologia, de representantes dos interesses dos consumidores e de órgão legalmente constituído de proteção à saúde do consumidor. Compete à CTNBio avaliar, tecnicamente, todas as atividades desenvolvidas com uso da engenharia genética no Brasil. O país conta também com a CONEP, Comissão Nacional de Ética em Pesquisa, criada em 1996 com a principal atribuição de examinar os aspectos éticos das pesquisas envolvendo seres humanos.

Nos casos de uso de células iPS para fins de clonagem e da utilização de informações genômicas por empresas, como as de seguro de saúde, por exemplo, o assunto é ainda mais polêmico. “Isso é totalmente antiético. A informação genética de uma pessoa não deve ser utilizada para discriminá-la. Infelizmente, ainda não temos legislação para esses casos”, lamenta Okamoto. Entre os riscos envolvidos na utilização de manipulação genética, Okamoto lembra também o de bioterrorismo. “Já temos conhecimento e tecnologia suficiente para fabricar armas biológicas capazes de causar contaminação e intoxicação, com efeitos devastadores sobre todo o planeta. Por isso, o controle e as regulamentações legais são tão importantes”, diz.

### **Futuro**

O uso das células iPS para fins terapêuticos ainda é uma das muitas promessas da genética para o futuro. Também em fase muito inicial e ainda experimental em microorganismos, destaca-se a biologia sintética, que visa sintetizar genomas mais eficientes, com potencial importante para a alteração de rotas metabólicas em usos diversos, como a produção de energia, a modificação de algas para melhorar sua eficiência na conversão de dióxido de carbono em hidrocarbonetos, a fabricação de vacinas e a limpeza de água. Mas nenhuma dessas aplicações é real atualmente. A produção do primeiro genoma sintético, por Craig Venter e sua equipe do J. Craig Venter Institute, nos Estados Unidos, foi anunciada em maio deste ano e envolveu recursos da ordem de 40 milhões de dólares.

“Esse procedimento constitui um marco importante na área da biologia sintética e mostrou que é possível sintetizar um genoma funcional *in vitro*. Foi um grande desafio técnico. Durante a síntese química do genoma foram cometidos erros em alguns genes essenciais. Foi somente após a sua correção pela equipe de Venter que a bactéria conseguiu sobreviver e se multiplicar”, diz Grattapaglia. No entanto, o pesquisador ressalta que não se trata de criação de vida, já que a célula que recebeu o genoma sintético era natural.

A terapia gênica, que consiste em alterar os genes deficientes, por exemplo, para que o organismo passe a ser capaz de produzir substâncias importantes para sua saúde, como a insulina, é também um sonho ainda não realizado. "Até agora não foi descoberta uma maneira de evitar alterações celulares indesejadas, que podem provocar o aparecimento de tumores e a disfunção dos órgãos-alvo", diz Okamoto.

O Brasil ganhou grande destaque internacional na área da genética com a publicação do primeiro sequenciamento completo do DNA da bactéria *Xylella fastidiosa*, que ataca os laranjais. Esse feito colocou o país na capa da revista científica americana *Nature* no ano 2000, mas há ainda muito a fazer. Os especialistas Grattapaglia e Okamoto citam que é necessário maior investimento da iniciativa privada em pesquisa, desoneração e desburocratização da pesquisa, como no caso das importações de reagentes, e maior rigor na formação de recursos humanos, para melhorar a posição do país no cenário mundial. "Os pesquisadores brasileiros não devem nada aos melhores do mundo, mas são poucos. Precisamos ganhar em quantidade", finaliza Okamoto.

## **Clonagem: a cópia perfeita**

### **Conceito**

A clonagem é um mecanismo comum de propagação da espécie em plantas ou bactérias. De acordo com Webber (1903)\*, um clone é definido como uma população de moléculas, células ou organismos que se originaram de uma única célula e que são idênticas à célula original e entre elas. Em humanos, os clones naturais são os gêmeos idênticos, que se originam da divisão de um óvulo fertilizado. A grande revolução da ovelha Dolly, que abriu caminho para a possibilidade de clonagem humana, foi a demonstração, pela primeira vez, de que era possível clonar um mamífero, isto é, produzir uma cópia geneticamente idêntica, a partir de uma célula somática diferenciada.

### **Linha do tempo**

1938 - surge a ideia de clonagem, quando Hans Spermann, embriologista alemão (Nobel de Medicina, 1935) propõe um experimento que consiste em transferir o núcleo de uma célula em estágio tardio de desenvolvimento para um óvulo.

1952 - Robert Briggs e Thomas King, da Filadélfia, realizam a primeira clonagem de sapos a partir de células embrionárias.

1984 - Steen Willadsen, da Universidade de Cambridge, clona uma ovelha a partir de células embrionárias jovens.

1986 - um grupo de pesquisadores da Universidade de Wisconsin clona uma vaca a partir de células embrionárias jovens do mesmo animal.

1995 - Ian Wilmut e Keith Campbell, da estação de reprodução animal do Instituto Roslin, na Escócia, utilizam células embrionárias de nove dias para clonar duas ovelhas idênticas chamadas de "Megan" e "Morag".

1996 - Ian Wilmut e Keith Campbell clonam "Dolly" a partir de células mamárias congeladas de uma ovelha. Esta foi a grande inovação: um clone originado de uma célula não embrionária. Em 1997, Dolly teria seu nascimento anunciado, sendo o marco de uma nova era biotecnológica.

Posteriormente à ovelha mais famosa do mundo surgem clones de bezerros, cabras, camundongos, porcos e macacos rhesus.

### Aplicações

A clonagem de bovinos poderia facilitar a reprodução de animais com certas características genéticas. Mas existe também a possibilidade de animais serem clonados para fins terapêuticos, servindo para a experimentação ou visando à produção de órgãos compatíveis com o ser humano - animais poderiam ser, um dia, produzidos em série para transplantes.

No que se refere à clonagem humana, os maiores benefícios esperados pela comunidade científica estão no campo da terapia de órgãos e tecidos. É através dessa técnica que pesquisadores esperam estudar as chamadas células-tronco, células primordiais no embrião, que podem gerar mais de 200 tipos celulares do nosso corpo, como as células cardíacas, hepáticas, hemácias, epiteliais, e resolver ou amenizar problemas causados por enfarto, cirrose, leucemia e queimaduras da pele.

\* Webber, "New Horticultural and Agricultural Terms". *Science*, 459, v. 18 (1903).

Informações extraídas de: [www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142004000200016&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142004000200016&script=sci_arttext) e [www.comciencia.br/reportagens/clonagem/clone02.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/clonagem/clone02.htm).

---



**ANEXO 6**

---

**Texto:** *“Argumentos falaciosos que camuflam os OGMs”*

## Argumentos falaciosos que camuflam os OGMs



É sempre um prazer compartilhar realizações com quem respeitamos e admiramos pelo seu caráter e importância. Fernando Zucoloto é professor titular no Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (USP), especialista em comportamento alimentar, um dos criadores do Centro Estudantil da Biologia da USP/RP e organizador da primeira Semana de Bio Estudos (que já está na edição 40!) dessa instituição. Foi dos meus professores mais marcantes. Ouvi dele pela primeira vez a Darwiniana frase “evolução não é sobrevivência do mais forte, é descendência com modificação” e também “foi o homem quem fez a religião, não foi a religião que fez o homem” (essa de Karl Marx).

Na edição de julho da **Scientific American Brasil** (número 122) foi publicado um artigo de minha autoria em colaboração com o prof. Zucoloto discutindo como algumas considerações superficiais sobre organismos geneticamente modificados podem ocultar muitas das suas ameaças potenciais. O texto na íntegra pode ser lido abaixo.

### Argumentos falaciosos que camuflam os OGMs

por Charles Morphy D. Santos & Fernando S. Zucoloto

Em sua obra-prima, o escritor britânico Martin Amis disse: “Eu sei que não deveria ter tentado aquilo. Eu sei que não deveria ter mexido com aquilo tudo. Eu realmente quero mudar e endireitar as coisas, mas acho que agora é tarde demais. Tenho um terrível pressentimento de que não vou conseguir me recuperar disso”. Quando pensamos a respeito de organismos geneticamente modificados (OGMs), conhecidos popularmente como transgênicos, a frase de Amis parece encaixar-se com perfeição ao tema.

Pode-se argumentar que qualquer tipo de avanço científico e tecnológico nos coloca frente às mesmas questões e ao mesmo espírito de “não deveríamos ter mexido com

aquilo tudo”. A ciência é vista por alguns como o caminho óbvio para uma sociedade mais justa e igualitária. No entanto, há ainda quem a condene sob a premissa de que o desenvolvimento científico muitas vezes põe em risco a sobrevivência da espécie humana e do ambiente em que ela está inserida. Como na política, discussões sobre as ciências tendem a polarizações, com um lado favorável e outro contrário às novas descobertas. Mas essa é uma interpretação muito simplificada, pois trata o cientista como alguém que oscila constantemente entre boas e más intenções.

A falsa percepção sobre os praticantes da ciência, no entanto, não nos exime da necessidade de termos uma posição coerente e honesta: há consequências particularmente arriscadas ou mesmo perigosas da pesquisa científica. Todos conhecem, por exemplo, os custos ambientais e humanos das armas nucleares ou os cenários aterradores dos regimes nazifascistas e suas “experiências científicas” durante a Segunda Guerra Mundial. Teoricamente, tudo é permitido para a ciência (ninguém deveria ser julgado culpado por levantar a hipótese de criar um buraco negro dentro do seu laboratório). Na prática, porém, a ciência pauta-se pelos limites do questionamento racional, baseado em evidências e teorias falseáveis e repetíveis, capazes de antever possíveis desdobramentos das suas aplicações. (Ninguém deveria criar de fato um buraco negro no seu laboratório!).

Isso nos remete à discussão sempre atual sobre os organismos geneticamente modificados. O que temos visto atualmente parece ser uma campanha ferrenha e sub-reptícia defendendo o seu uso quase indiscriminado baseada em argumentos que extrapolam o raciocínio científico e se assemelham mais às práticas comuns da publicidade e propaganda. É certo que muitos OGMs são imprescindíveis para a vida humana moderna (basta nos lembrarmos da insulina humana, produzida através de bactérias geneticamente modificadas e essencial para garantir qualidade de vida a diabéticos), mas o impacto desses transgênicos, especialmente quando deixam de ser controláveis ao ser inseridos no ambiente natural, deve ser analisado de forma desapaixorada. Os objetivos deste artigo são discutir como boa parte da comunidade acadêmica é tendenciosa quando apresenta os benefícios e os problemas dos OGMs, além de defender a precaução, o cuidado e a seriedade nas pesquisas sobre esses organismos, antes de lançá-los no ambiente.

Há um número grande de trabalhos defendendo transgênicos sem ao menos olhar para o outro lado da cerca. Peter Raven, um dos autores de livros-texto de botânica mais importantes do final do século 20, assim escreveu em um artigo de 2005: “Tem sido geralmente aceito, nas últimas três décadas, que o processo de produção de organismos transgênicos não causa nenhuma ameaça. Além do mais, nenhum argumento confiável tem sido oferecido sobre por que esses organismos, como uma classe, colocariam em risco a saúde humana. Centenas de milhões de pessoas têm consumido alimentos derivados de plantas transgênicas por (cerca de) 10 anos, e nenhum problema de saúde foi registrado, assim como nenhuma razão confiável foi levantada sobre por que esse tipo de problema deve ser esperado”. Diferentemente do que Raven sugere, pesquisas apresentando argumentos confiáveis vêm sendo publicadas desde as primeiras experimentações com organismos transgênicos.

Em 1999, William Muir e Richard Howard, professores do Departamento de Ciências Animais e do Departamento de Ciências Biológicas da Purdue University, nos Estados Unidos, discutiram profundamente alguns dos riscos ecológicos dos OGMs. Nas palavras deles: “[A] introdução de organismos geneticamente modificados em populações naturais pode resultar em riscos ecológicos, como extinção de espécies. Tem sido sugerido que esses riscos correspondem a pequenas ameaças ambientais porque os organismos transgênicos seriam novidades evolutivas com reduzida viabilidade. Entretanto, organismos transgênicos também podem ter vantagem em alguns aspectos reprodutivos capazes de aumentar seu sucesso na Natureza”. Dez anos antes, James Tiedje, do Departamento de Ciências do Solo da Michigan State University e colaboradores já haviam levantado uma série de considerações ecológicas e recomendações para a introdução no ambiente natural de organismos modificados geneticamente em laboratório.

Argumentos contrários aos OGMs são numerosos. O que falta, de fato, é o contraponto, ou seja, resultados favoráveis aos OGMs apontando o cenário inverso, publicados pelas companhias que vêm introduzindo esses organismos no ambiente há décadas. Nesse sentido, o espanhol Jose Domingo, da Universitat Rovira i Virgili, considera que “Se (...) estudos sobre a segurança e a toxicidade dos alimentos transgênicos têm sido feitos por essas companhias, por que seus resultados não são submetidos ao julgamento da comunidade científica internacional, como seria esperado caso essas pesquisas fossem publicadas em revistas de reputação?”. Como os relatos sobre a segurança dos OGMs nem sempre aparecem em veículos de divulgação que submetem seus artigos à revisão por outros pesquisadores capacitados (o chamado peer-review, que é de praxe na publicação de pesquisas científicas), a comunidade acadêmica e o restante da população têm como única fonte de informação as palavras das companhias de biotecnologia, que muitas vezes pouco se diferenciam de propagandas apelativas e estão a anos-luz do rigor científico. Felizmente, qualquer tipo de decisão na ciência deve ser tomada com base em dados experimentais e observações, não na fé – não é preciso lembrar o grau de desinformação da população sobre os riscos de câncer e outras doenças relacionadas ao uso contínuo de cigarros promovido pelas companhias de tabaco.

### **Responsabilidade social**

Há alguns anos, a Bélgica liberou o plantio e a comercialização de plantas transgênicas com uma ressalva: os laboratórios responsáveis por esses organismos seriam punidos se fossem constatados quaisquer danos ao meio ambiente ou à saúde das pessoas. Isso fez com que os laboratórios belgas desistissem tanto do plantio como da comercialização desses OGMs. Fica a pergunta óbvia: se as plantas transgênicas de fato não prejudicam o meio ambiente ou a saúde dos consumidores, por que alguns laboratórios resistem em assumir os riscos relativos à sua produção e distribuição? Também parece estranha a insistência de vários grupos em apoiar a não rotulagem dos alimentos geneticamente modificados.

Segundo Raven, nenhum problema de saúde foi registrado nos últimos dez anos por conta do consumo de alimentos transgênicos. Ele parece desconsiderar uma informação trivial: uma década, dada a história biológica do planeta, é um período

curto de tempo – a vida aqui começou há mais de 3,8 bilhões de anos. Desde o século 19 sabemos que a biodiversidade é resultado do processo evolutivo de descendência com modificação. Os registros fósseis sugerem que a origem dos animais deu-se no mínimo há 760 milhões de anos.

Em comparação à magnitude do tempo geológico é impossível prever as consequências da ingestão de OGMs em apenas 10 anos; não se pode avaliar o impacto de uma nova tecnologia como essa em um intervalo tão curto. Além disso, o não aparecimento imediato de problemas ambientais ou de saúde humana devido ao plantio e ingestão de OGMs não significa que eles não existam. Talvez ainda não tenham sido detectados ou os estudos feitos sobre o assunto não foram aprofundados o suficiente. A história é plena de exemplos análogos. A diabetes tipo II começou a aparecer no Egito antigo com a mudança dos hábitos alimentares; entretanto, apenas na contemporaneidade a ligação entre essa doença e o tipo de alimentação foi demonstrada. O problema surgido no meio ambiente devido aos gases utilizados em geladeiras e aparelhos de ar-condicionado foi esclarecido apenas nas últimas décadas do século 20, apesar de essas tecnologias serem utilizadas há mais de 70 anos. O mesmo ocorreu com o amianto, que só recentemente teve seus malefícios ligados à saúde humana e ao meio ambiente comprovados.

### **Efeitos negativos**

Alguns dados são úteis avaliar a consequência da introdução dos OGMs no ambiente natural. Em seu livro *Roleta genética*, Jeffrey Smith aponta vários casos interessantes, entre eles: 1- depois da introdução da soja transgênica no Reino Unido, os casos de alergia a esse alimento dispararam; 2- foi observada alta na mortalidade de ovelhas que pastaram em lavoura de algodão transgênico; 3- ratos alimentados com milho transgênico apresentaram múltiplos problemas de saúde; 4- o número de mortes em galinhas dobrou quando elas foram alimentadas com o milho transgênico em relação ao grupo alimentado com milho comum; 5- também no Reino Unido, suplemento alimentar transgênico à base de triptofano matou 100 pessoas e provocou doenças em outras 500; e 6- aumentaram as taxas de câncer entre pessoas que ingeriram leite produzido com o hormônio de crescimento bovino projetado com técnicas transgênicas. Portanto, o argumento de que problemas ambientais provocados por OGMs não foram observados até agora, o que indicaria, segundo os defensores dessas novas tecnologias, que esses problemas não existem, é falso. No mais, ausência de evidência não significa evidência de ausência.

Para Raven, “não há dados científicos de que o processo de transferência de genes de um tipo de organismo para outro cause problemas intrínsecos”. Isso não é o que a literatura especializada dá ou mesmo a mídia têm mostrado. Porque supostamente “nada aconteceu” durante o teste controlado com populações pequenas e isoladas não significa que todos os OGMs são seguros ou mesmo que um OGM pesquisado será seguro quando comercializado em larga escala.

Para muitos dos defensores de OGMs a engenharia genética é uma extensão da reprodução seletiva natural. Eles afirmam que, desde o surgimento da agricultura há cerca de 11 mil anos, cientistas vêm selecionando genes para a melhoria das espécies

animais e vegetais em relação ao seu valor nutritivo e produtividade. O mesmo seria válido para a tecnologia transgênica. Infelizmente, essa é mais uma falsa afirmação: há uma diferença qualitativa enorme entre cruzar variedades diferentes e introduzir genes de uma espécie em outra distante filogeneticamente. Esse tipo de extrapolação talvez seja usual no contexto da propaganda e do marketing, mas é inaceitável em um debate científico. Organismos transgênicos podem ser mais perigosos em especial quando os novos atributos inseridos artificialmente são capazes de aumentar a sua competitividade de forma rápida. Já que a seleção natural não escolhe seus alvos, ela atuará tanto nos organismos não modificados em laboratório quanto naqueles alterados, podendo levar à reprodução diferencial desses OGMs e à ampliação do tamanho das suas populações em pouco tempo. Desde Darwin sabemos que a evolução é imprevisível. Consequentemente, não é possível determinar o impacto ambiental da seleção desses transgênicos.

### **Eliminação da fome**

Há outro argumento falacioso, de flagrante teor social, para justificar a disseminação de algumas formas de OGMs: os alimentos transgênicos vão “salvar” o mundo da fome. Seria tecnicamente possível, por exemplo, enriquecer com vitaminas qualquer alimento que as tenha em pequena quantidade. Isso possibilitaria, além da nítida melhora no teor nutricional, também a redução dos preços nas prateleiras dos supermercados, pois os OGMs permitiriam a diminuição na aplicação de agrotóxicos e o aumento da produção. Esse tipo de justificativa é, no mínimo, ingênua, uma vez que as questões relativas ao problema da fome no planeta estão mais relacionadas à distribuição de renda desigual que à produção mundial de alimentos (que hoje é suficiente para alimentar, com sobras, toda a população mundial). Além disso, parece-nos improvável que as grandes empresas produtoras dos OGMs alimentícios concordem em diminuir suas margens de lucro.

Para alguns, os alimentos transgênicos seriam capazes de curar doenças endêmicas. Um caso bastante citado é do arroz dourado, utilizado em certas regiões da Ásia onde casos de cegueira estariam crescendo devido à falta de ingestão do betacaroteno, precursor da vitamina A, uma das responsáveis pela saúde da visão humana. Gastou-se no projeto desse arroz transgênico, capaz de sintetizar o betacaroteno, uma quantia estimada de US\$ 100 milhões. No entanto, nessas regiões da Ásia, havia uma planta chamada *batua*, riquíssima em betacaroteno e cultivada junto com o trigo. Com o advento da monocultura e consequente destruição do ecossistema onde a *batua* estava inserida, ela desapareceu e, com ela, a maior fonte de betacaroteno dos habitantes da região, daí o aumento vertiginoso da cegueira. Se não fosse o emprego da monocultura na região provavelmente a *batua* continuaria sendo cultivada e o nível de aparecimento de problemas de visão nas populações humanas estaria controlado. Os US\$ 100 milhões gastos no desenvolvimento do arroz dourado poderiam ter sido aplicados em outros projetos.

Uma análise feita pela instituição Amigos da Terra Internacional sobre os alimentos transgênicos, abrangendo o período 1996-2006, mostra resultados desconfortáveis para os defensores dessa tecnologia. No relatório apresentado sob o título “Quem se beneficia com os grãos geneticamente modificados”, afirma-se que os atributos

atraentes dos alimentos transgênicos desaparecem na segunda geração. Segundo esse relatório, esses OGMs não oferecem qualquer benefício em termos de qualidade e preço e nada têm feito para aliviar a fome no mundo. (Como citado anteriormente, o problema é eminentemente político. A solução definitiva passa pela agroecologia, por uma justa distribuição de renda e pela reforma agrária.) Apesar de toda a propaganda com viés humanitário, em sua maioria os grãos transgênicos são utilizados como ração para a pecuária nos países ricos. Não podemos deixar de considerar também seu impacto social, que está longe de ser irrelevante. Como grandes conglomerados internacionais controlarão a produção e distribuição desses alimentos, incluindo as suas sementes, a possibilidade de reduzir de maneira drástica a agricultura familiar tem de ser levada em conta.

Pode parecer inacreditável imaginar um mundo futuro sem organismos geneticamente modificados. Seus benefícios seriam extraordinários e produziriam um impacto tão positivo nas sociedades que as deixariam cada vez mais semelhantes aos mundos utópicos da literatura. Segundo Peter Raven, “os danos ambientais causados pelos sistemas de agricultura tradicionais, envolvendo a aplicação de grandes quantidades de produtos químicos às plantações, são (...) bem maiores [do que os danos causados por plantações de OGMs]”. Quem não gostaria de proteger o meio ambiente e promover a biodiversidade? É admissível a esperança nesse admirável mundo novo excitante, mas o entusiasmo demasiado sobre essa nova tecnologia deve ser relativizado, pois os efeitos colaterais da sua aplicação estão longe de ser compreendidos. Existem ainda muitas dúvidas sobre o que os OGMs poderão causar à saúde humana e ao meio ambiente. A imagem espelhada da utopia, uma “utopia negativa” ou distopia, pode emergir rapidamente se as coisas saírem do controle e alcançarem proporções alarmantes como alguns dos estudos discutidos aqui sugerem.

Na apresentação do seu credo sobre o pensamento crítico, o escritor de ficção científica Theodore Sturgeon disse: “Qualquer avanço que essa espécie tenha feito é resultado de, em algum lugar, olhando para este mundo, sua vizinhança, sua caverna, ou para si mesmo, alguém ter feito a pergunta seguinte. Qualquer erro mortal que essa espécie cometeu, qualquer pecado contra ela mesma ou contra o seu destino, é resultado de não fazer a pergunta seguinte, ou de não ouvir aqueles que a fazem”. A partir de argumentos e evidências científicas, precisamos continuar questionando enquanto as correções de rota ainda são possíveis.

#### **Para conhecer mais:**

**Does the use of transgenic plants diminish or promote biodiversity?** Peter Raven, em *New Biotechnology*, vol. 27, págs. 528–533, 2010.

**Roleta genética: riscos documentados dos alimentos transgênicos sobre a saúde.** Jeffrey Smith. Editora João de Barro, 2009.

**Por que comemos o que comemos?** Fernando S. Zucoloto. Editora Mauad, 2008.

**Transgenes in Mexican maize: Desirability or inevitability?** Peter Raven, em *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 102, págs. 13003–13004, 2005.

**Possible ecological risks of transgenic organism release when transgenes affect mating success: sexual selection and the Trojan gene hypothesis.** William Muir e

Richard Howard, em *Proceedings of the National Academy of Science*, vol. 24, págs. 13853–13856, 1999.

**Referência:**

Santos, C.M.D. & Zucoloto, F.S. 2012. Argumentos falaciosos que camuflam os OGMs. *Scientific American Brasil*, 122, 54-57.

**Figura:**

Vincent Van Gogh, Campo de Trigo com Ceifeiro e Sol



**ANEXO 7**

---

Texto: *“Vai um clone aí? Os prós e os contras da clonagem humana”*

## Vai um clone aí? Os prós e os contras da clonagem humana

Revista Superinteressante – Fevereiro – 2003, por Paulo D’Amaro

Desde quando a ovelha Dolly nasceu, em 1997, pouca gente tinha dúvida de que havia sido iniciada uma silenciosa contagem regressiva em direção ao anúncio do primeiro ser humano clonado. No fim do ano passado rompeu-se o silêncio: o médico italiano Severino Antinori afirmou que um clone humano estaria sendo gerado, com nascimento previsto para o mês de janeiro de 2003. Ainda mais barulho fez a química francesa Brigitte Boisselier, da clínica americana Clonaid, que anunciou que o primeiro bebê clonado já havia nascido. Boatos à parte, o fato é que a ciência está muito próxima de chegar à clonagem humana. Há tecnologia e disposição para isso. Mas será que existem motivos reais para que nos lancemos a essa nova e incerta experiência? E, melhor ainda, estamos prontos para aceitar essa idéia? A resposta é mais complexa do que parece e, a cada dia, gente troca de lado nessa discussão que está cada vez mais quente.

Entre os cientistas parece haver pelo menos uma unanimidade: a clonagem terapêutica será feita. Nela, células clonadas são implantadas em um óvulo para gerar uma raríssima matéria-prima biológica: as células-tronco. Essas células podem ser moldadas pelos cientistas, dando origem a qualquer tipo de tecido. E, portanto, de órgãos também. Um indivíduo com cirrose hepática, por exemplo, poderia ter seu próprio fígado clonado e implantado em si mesmo.

“A clonagem para fins terapêuticos é mais fácil de ser aceita por grupos religiosos, governos e pelas pessoas comuns. Primeiro, porque sua motivação é mais nobre, depois, porque ela é urgente”, afirma o biólogo argentino radicado nos Estados Unidos José Cibelli, com a autoridade de quem liderou a única experiência bem-sucedida com clonagem humana já apresentada publicamente. Em outubro do ano passado, ele conseguiu que uma célula ovo clonada se dividisse e chegasse a ter seis células antes de morrer. “Quando conseguirmos um embrião com pelo menos 50 células poderemos extrair células-tronco”, diz Cibelli. Segundo ele, a clonagem terapêutica pode beneficiar imediatamente mais de 120 milhões de pessoas, portadoras de doenças graves como os males de Alzheimer e Parkinson.

### QUANDO COMEÇA A VIDA?

Para a maioria das religiões cristãs, no entanto, as restrições à clonagem humana começam aí mesmo, no laboratório. “O embrião não é coisa”, diz o padre Leo Pessini, professor de Bioética da Universidade São Camilo (SP) e vice-presidente da Sociedade Brasileira de Bioética. “Não podemos dispor de nenhum deles”, afirma. Essa opinião opõe a Igreja Católica a qualquer tipo de clonagem, seja a reprodutiva – que, nas experiências com ratos e outros mamíferos, promoveu uma carnificina de embriões e fetos –, seja a terapêutica – na qual é produzida apenas uma quantidade muito pequena de células com menos de 1% de chance de virar um bebê.

“Provavelmente, essa será a discussão ética daqui para a frente: quando começa a vida?”, diz o biólogo molecular Lee Silver, da Universidade de Princeton, um dos maiores especialistas no assunto. “Na clonagem terapêutica, temos vida celular, mas não vida consciente”, afirma.

Para a geneticista Lygia da Veiga Pereira, do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP) e representante brasileira na comissão da ONU que debate o tema, a perda de embriões ainda é um obstáculo intransponível. “Os embriões mortos ou malformados são um preço muito alto a pagar”, afirma Lygia. Sem contar que todos os mamíferos clonados até hoje apresentaram graves problemas de saúde durante a vida – um enigma que nenhum pesquisador ainda conseguiu decifrar. Mas e quando daqui a pouco os problemas técnicos forem superados?

John Burn, geneticista da Universidade de New Castle, na Inglaterra, é contra a clonagem reprodutiva, mas admite que ela é legítima e, mais cedo ou mais tarde, também acabará sendo realizada. Para ele, a clonagem cria novos seres humanos, não cópias. “Nunca existirão dois homens iguais. A partir do momento em que um feto passa a receber estímulos no útero da mãe, sua individualidade está sendo formada. E ele passa a ser único”, diz Burn.

A filósofa Mary Warnock – que, nos anos 90, liderou o comitê responsável pelas leis britânicas sobre fertilização humana – lançou há pouco tempo um livro em que afirma ser moralmente aceitável a clonagem reprodutiva, desde que os métodos sejam comprovadamente seguros. Ela se baseia em princípios semelhantes aos direitos dos pais de optarem por mais esse meio de reprodução. “A clonagem reprodutiva feita de forma ética e segura em pouco difere das outras formas artificiais de reprodução humana”, diz. O teólogo protestante Egbert Schroten, diretor do Centro de Bioética e Leis Sanitárias da Holanda, é outro que apóia as pesquisas. Em um recente artigo reunido no livro *Cloning (Clonando)*, da pesquisadora inglesa Anne McLaren, ele defende que a clonagem humana não pode ser considerada ruim simplesmente por ser artificial. “Toda tecnologia é artificial e nem sempre o que é natural é bom”, diz Schroten.

### **Embate técnico**

#### ***Os principais argumentos dos defensores e dos detratores da clonagem humana***

#### **A perda de embriões durante o processo não é um preço alto demais?**

A FAVOR - As perdas tendem a se reduzir com o avanço da tecnologia. Muito em breve elas serão comparáveis às de outros métodos artificiais de reprodução

CONTRA - Para cada clone bem-sucedido, dezenas morrem no processo ou saem defeituosos. Para os religiosos, a perda de um único embrião é condenável

#### **Bebês clonados estariam mais suscetíveis a doenças?**

A FAVOR - Bobagem. Esse é um medo semelhante ao que havia há 50 anos, quando era comum achar que gêmeos idênticos tinham maior propensão a danos psicológicos

CONTRA - Crianças recriadas tenderiam a apresentar danos psicológicos. Além disso, os animais clonados até hoje tiveram problemas de saúde e, invariavelmente, morreram jovens

#### **Quando se inicia a vida?**

A FAVOR - A vida começa quando o feto passa a ter consciência da sua existência

CONTRA - A partir da fecundação do óvulo, um novo ser começa a existir

**A clonagem é uma opção viável para a reprodução?**

A FAVOR - Cabe aos pais a decisão sobre o método de reprodução. Além de ajudar casais com dificuldades de concepção, ela é a única opção de dar um filho biológico a homens que não têm espermatozoides

CONTRA - Não. Há outros métodos mais fáceis, baratos e éticos, como a fertilização in vitro e a adoção

**Pessoas geneticamente iguais teriam a mesma personalidade?**

A FAVOR - Nunca existirão dois seres humanos iguais. A partir do momento em que o feto começa a receber estímulos no útero da mãe, ele já passa a formar a sua individualidade

CONTRA - A noção de que cada indivíduo é único e insubstituível é um aspecto essencial da civilização.

Revista Superinteressante - Fevereiro - 2003

**ANEXO 8**

---

**Texto: “Células da esperança”**

## Células da esperança

**Assim são chamadas as células-tronco, que já estão revolucionando o tratamento de doenças graves, como diabetes, infarto, derrame, câncer, Parkinson e Alzheimer**

.....  
 Anna Paula Buchalla e Karina Pastore

Montagem sobre foto de Claudio Rossi



**A atriz Luiza Tomé estocou o sangue do cordão umbilical dos filhos Adriana e Luigi: aposta na ciência. À direita, células-tronco em imagem ampliada**

Os gêmeos Adriana e Luigi têm pouco mais de 8 meses. Perfeitamente saudáveis e muito engraçadinhos, eles pertencem a um grupo de 2 600 crianças brasileiras pioneiras de uma revolução na medicina. Assim como quem reserva dinheiro para os estudos dos filhos, seus pais, a atriz Luiza Tomé e o empresário Adriano Facchini, decidiram fazer uma espécie de poupança biológica para os bebês. Na manhã de 5 de julho de 2003, ainda na sala de parto do Hospital Albert Einstein, em São Paulo, tão logo Adriana e Luigi nasceram, 80 mililitros de sangue foram retirados do cordão umbilical de cada um. Estocadas em um tanque de nitrogênio, a uma temperatura de 190 graus negativos, as duas amostras de sangue guardam um punhado de células-tronco. Também chamadas de "células da esperança", elas são como uma folha de papel em branco, sobre a qual se podem escrever os mais diferentes textos. Ou seja, têm a capacidade de se transformar em células específicas de qualquer tecido ou órgão que compõem o corpo humano. O seu nome em português é uma tradução do inglês "stem-cell". "Stem" é caule, haste. O verbo "to stem", por sua vez, significa originar. Células-tronco, assim, têm essa denominação por ser um tronco comum do qual se originam outras células. Essa versatilidade as torna a grande promessa para o tratamento de doenças graves - problemas cardíacos, câncer, doenças auto-imunes, disfunções neurológicas, distúrbios hepáticos e renais, osteoporose e traumas da medula espinhal. O raciocínio dos cientistas é simples: se elas podem se transformar

em todo tipo de célula, por que não usá-las na recuperação de tecidos e órgãos de pessoas doentes? "Deus queira que meus filhos não precisem jamais usá-las, mas ninguém sabe o dia de amanhã", diz Luiza Tomé. "Nós não podemos deixar de aproveitar as oportunidades que a ciência nos oferece."

Para entender exatamente o que é uma célula-tronco, é preciso lembrar as aulas de biologia dos tempos de colegial. O primeiro a descrever uma célula foi o inglês Robert Hooke, em 1665. Ao observar um pedaço de cortiça num microscópio construído por ele próprio, Hooke notou que o material era constituído por pequenas fileiras do que pareciam ser "caixas vazias". Essas "caixas" lembraram-lhe celas de monges. Por isso, batizou-as de células (originalmente, "cell", em inglês, é cela). Era impossível, na época, determinar quais eram as funções dessas estruturas. Somente em 1839, de posse de instrumentos ópticos mais refinados, o botânico Matthias Jakob Schleiden e o zoologista Theodor Schwann, ambos alemães, chegaram à conclusão de que todos os organismos vivos eram compostos de células e de que elas eram diferentes umas das outras, dependendo da área em que se concentravam.

Hoje se sabe que o organismo de um adulto tem aproximadamente 75 trilhões de células, agrupadas em cerca de 220 tipos distintos. Cada um desses tipos é responsável pela formação de uma parte do corpo humano. Nos dias imediatamente posteriores à concepção, contudo, um embrião não passa de um amontoado de 100 a 200 células indiferenciadas entre si, envoltas por uma membrana que formará a placenta. Só a partir de uma semana de vida, mais ou menos, é que essas células embrionárias começam a diferenciar-se. Uma viram células sanguíneas, outras cardíacas, cerebrais, musculares, ósseas, hepáticas, renais e assim por diante. A metamorfose é que permite que um embrião se transforme num feto e, finalmente, numa criança.

Para efeito de comparação, é como se cada célula-tronco tivesse em seu interior inúmeros botões de liga-desliga. No processo de diferenciação, por meio de um comando genético, um desses botões é acionado. Se o comando determinar que a célula-tronco deve se transformar numa célula cardíaca, é o botão do "liga-corção" que será ativado. Quanto aos outros botões, eles serão desligados para sempre. Uma parte das células do organismo, no entanto, permanece sendo tronco. Algumas delas ficam localizadas no cordão umbilical. Outras incrustam-se em diversas regiões do organismo, sobretudo na medula óssea. É com esse material, proveniente de cordões umbilicais e de medulas ósseas, que os cientistas andam promovendo a maioria de suas experiências. Nas terapias, quando elas são injetadas numa certa região do corpo, o comando genético é dado por meio das proteínas específicas do órgão para o qual foram enviadas. É graças a esse fenômeno que é impossível que uma célula-tronco injetada no coração se transforme numa célula renal ou num neurônio, por exemplo.

As descobertas têm sido anunciadas num ritmo vertiginoso. Uma das mais importantes é a de que as células-tronco armazenadas naturalmente funcionam como um batalhão de defesa, que entra em ação em casos de emergência. Por exemplo, até três anos atrás, acreditava-se que o coração seria incapaz de se regenerar. Engano. Constatou-se que, no momento de um infarto, células-tronco migram para a área da

lesão com o objetivo de regenerar o músculo cardíaco. Elas, porém, não são em quantidade suficiente. Se fossem, não haveria necessidade de intervenções como pontes de safena e angioplastias. O coração seria capaz de se regenerar por si só, da mesma forma que a pele que sofre um leve machucado.

É na cardiologia que esses avanços têm aplicação mais imediata. Ao observarem a movimentação desse batalhão de células-tronco, os cientistas imaginaram formas de transformá-lo num grande exército. O procedimento mais usual é retirar da medula óssea uma quantidade de células-tronco e transplantá-las diretamente para a área do músculo cardíaco lesionada. Em dezembro de 2001, a equipe do cardiologista Hans Fernando Dohmann, do Hospital Pró-Cardíaco do Rio de Janeiro, fez o primeiro transplante desse tipo no Brasil. O paciente era uma vítima de insuficiência cardíaca causada por infarto. Procedimentos semelhantes só haviam sido realizados na Alemanha, Holanda, Japão e Estados Unidos. Por meio de um cateter, as células-tronco são transportadas para a região a ser regenerada. Demora em média apenas quarenta dias para que elas se transformem em células cardíacas, repovoando a porção necrosada pelo infarto. É simplesmente incrível. A cirurgia não leva mais de três horas e a internação não passa de dois dias. Dos 21 pacientes operados no Brasil dezessete levam hoje uma vida normal. No mês passado, Dohmann deu início a uma nova experiência: injeções de células-tronco imediatamente depois de o processo de infarto ter sido detonado. O objetivo é fazer com que a necrose do músculo cardíaco, resultante do ataque, não seja tão grande a ponto de incapacitar o paciente (*veja quadro*).

No Instituto do Coração de São Paulo (Incor), trabalha-se em duas frentes de pesquisas inéditas no mundo. Numa delas, iniciada em 2002, dez pacientes receberam células-tronco durante a cirurgia para a colocação de pontes de safena e mamária. As "células da esperança" são injetadas em locais onde a revascularização jamais poderia ser feita por ponte. Comprovada a segurança do método, a pesquisa agora será ampliada para um número maior de pacientes. A outra frente de estudo, coordenada pelo cardiologista Edimar Bocchi, destina-se à recuperação de pacientes com insuficiência cardíaca. Em vez de coletar as células e transplantá-las para o coração, o médico, com a ajuda de remédios, faz com que elas migrem da medula óssea para o músculo cardíaco. Ao longo de quatro meses, os participantes dessa experiência receberam injeções de uma proteína especial, que estimula a passagem das células-tronco para a corrente sanguínea. Como é que elas vão parar no coração? Substâncias liberadas naturalmente apenas na presença de lesões as atraem. O dano cardíaco funciona, assim, como uma espécie de ímã. Os onze pacientes tratados até o momento estavam em estado tão grave que a única opção que lhes restava era o transplante de coração. Graças às células-tronco, oito já recuperaram parte das funções cardíacas. Outro ineditismo brasileiro no campo da cardiologia é o trabalho coordenado pelo imunofarmacologista Ricardo Ribeiro dos Santos, coordenador do Instituto do Milênio de Bioengenharia Tecidual e pesquisador da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) da Bahia. No ano passado, ele conseguiu tratar com sucesso oito pacientes com cardiopatias graves causadas por doença de Chagas.

As primeiras terapias com células-tronco da medula óssea e do cordão umbilical surgiram na década de 80. Pensava-se que seu efeito regenerador fosse limitado ao



tratamento de doenças malignas do sangue, as leucemias, e do sistema linfático, os linfomas. No fim dos anos 90, o cardiologista americano Piero Anversa, pesquisador da New York Medical College, ampliou o espectro de atuação da terapia. Ele demonstrou que células-tronco retiradas da medula óssea de ratos de laboratório eram capazes de regenerar o músculo cardíaco dos roedores. Na mesma época, o pesquisador James Thomson, da Universidade de Wisconsin-Madison, conseguiu que células-tronco de embriões descartados por clínicas de fertilização assistida se reproduzissem em laboratório. Ele produziu uma linhagem inteira de células-tronco de embriões humanos. Combinadas, as descobertas de Anversa e Thomson abriram uma nova fronteira nos conhecimentos médicos.

Seria uma maravilha se as células-tronco da medula óssea e do cordão umbilical fossem tão versáteis quanto as embrionárias. Mas a capacidade de diferenciação delas é menor. A versatilidade de uma célula-tronco é medida pelo tempo em que ela consegue se manter indiferenciada durante o processo de reprodução em laboratório. Quanto mais ela se mantiver indiferenciada, maior é sua capacidade de se transformar numa célula específica que seja útil para um tratamento de saúde. "Sob condições ideais, uma linhagem de células-tronco embrionárias é quase 'imortal'. Pode se propagar centenas de vezes em laboratório", diz o médico Carlos Alberto Moreira-Filho, coordenador do Instituto de Pesquisa e Ensino, do Hospital Albert Einstein, em São Paulo. As células embrionárias podem ser multiplicadas *in vitro* mais de 300 vezes, sem perder suas características iniciais – ou seja, sem se especializar. Entre as células de cordão e as de medula, essa taxa de multiplicação chega a, no máximo, vinte vezes. Mas há uma vantagem das células de cordão umbilical sobre as de medula. "Um tratamento com as provenientes de cordão tem mais chance de sucesso, porque elas não sofreram agressões, tais como poluição, tabagismo e efeitos de drogas", diz a geneticista Lygia da Veiga Pereira, professora da Universidade de São Paulo.

Mas ainda há problemas na manipulação de células-tronco embrionárias. "Elas são tão potentes que até hoje não se conseguiu dominar totalmente um procedimento que permita controlar o ritmo com que elas proliferam", diz o pesquisador Antonio Carlos Campos de Carvalho, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Em experiências com ratos, verificou-se que elas se multiplicam tanto e tão rapidamente que, sem controle externo, podem dar origem a um tumor maligno. Além disso, há a questão ética. Lançar mão delas significa matar embriões humanos. O papa João Paulo II definiu o uso de embriões de apenas uma semana como "um atentado ao respeito absoluto da vida". Em 2001, o presidente americano George W. Bush rendeu-se aos apelos dos fanáticos cristãos, que compõem sua base eleitoral, e suspendeu o financiamento com recursos públicos de novas experiências com células-tronco de embriões humanos. O veto mobilizou os setores mais arejados dos Estados Unidos. Artistas como Christopher Reeve, Michael J. Fox e Mary Tyler Moore foram ao Congresso protestar contra a decisão de Bush (*veja o quadro*). Os três são vítimas de doenças para as quais a medicina oferece pouco (ou nenhum) tratamento, e para as quais as células-tronco representam a maior esperança. Reeve está tetraplégico desde maio de 1995, quando sofreu um acidente durante uma prova de hipismo. Fox sofre de doença de Parkinson. Mary Tyler Moore tem diabetes. Apenas sete países

autorizam as experiências com células-tronco de embriões humanos: Inglaterra, Austrália, Japão, Coreia do Sul, Cingapura, China e Israel.

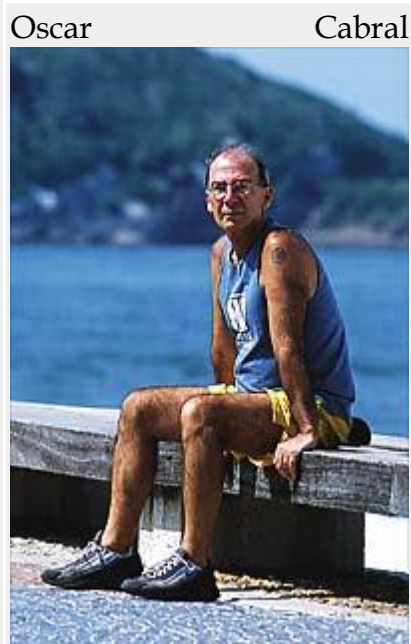
No Brasil, por pressão dos evangélicos, há cerca de um mês, a Câmara dos Deputados vetou o artigo da Lei de Biossegurança que autorizava o uso de células embrionárias para fins terapêuticos. O veto foi duramente criticado por médicos, cientistas e pacientes. O texto definitivo ainda tem de ser aprovado pelo Senado. Pelos cálculos da organização não-governamental Movitae, que luta pela liberação do uso de células embrionárias para fins terapêuticos, há cerca de 30.000 embriões estocados nas clínicas brasileiras de fertilização. Pela lei, esses embriões não podem ser doados para pesquisas nem com a autorização do casal. "É um desperdício muito grande", diz Andréa Bezerra de Albuquerque, presidente da Movitae. "Depois de congelado, um embrião tem menos de 3% de chance de resultar em gravidez." O Brasil está jogando no lixo um tesouro científico.

No Brasil, há 25 pesquisas em fase de testes com seres humanos, conforme levantamento da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa. Vítimas de lesões medulares, insuficiência cardíaca, infarto, diabetes tipo 1, lúpus, esclerose múltipla e artrite reumatóide já foram tratadas com células-tronco. Em todos os casos, utilizaram-se células extraídas da medula óssea dos próprios pacientes. Há nove meses, foram iniciados estudos com células-tronco para a recuperação de lesões medulares, como paraplegia e tetraplegia. A maioria dos trinta pacientes que se submeteram à terapia recuperou um pouco da sensibilidade. O Brasil é pioneiro no uso de células-tronco para o tratamento do diabetes tipo 1, a versão mais devastadora da doença - a que faz com que seus doentes dependam de injeções diárias de insulina. Um transplante foi realizado em 12 de janeiro passado, sob o comando do médico Júlio Voltarelli, professor de imunologia clínica do campus Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Levando-se em conta os resultados dos estudos de Voltarelli no tratamento de outras doenças auto-imunes, a terapia tem tudo para funcionar também contra o diabetes tipo 1. Ele já aplicou, com sucesso, células-tronco em doze pacientes com esclerose múltipla e em dez doentes vítimas de lúpus.

A euforia, como se vê, não é sem razão e toma conta de todos os envolvidos - cientistas, médicos e pacientes. "São três forças poderosas em busca de uma oportunidade única na história da medicina", disse a VEJA o americano John Gearhart, pesquisador da Universidade Johns Hopkins e um dos precursores das pesquisas. A palavra-chave, por enquanto, continua a ser cautela. O cardiologista José Eduardo Krieger, diretor do Incor, tem uma boa analogia para ilustrar a situação da ciência diante da promessa oferecida pelas células-tronco. "O entusiasmo dos pesquisadores é semelhante à ansiedade de uma criança na frente de uma montanha de brinquedos embrulhados para presente. A vontade é abrir tudo de uma vez, mas é preciso paciência e desembulhar caixa por caixa."

## CORAÇÃO REVIGORADO

O obstetra carioca **Eduardo Augusto Dias Peon**, de 57 anos, abandonou o cigarro dois anos atrás. Habitado à prática de exercícios físicos, nunca havia sofrido nenhum problema cardíaco. Há cerca de três meses, no entanto, Peon começou a sentir fortes dores no abdômen até o dia em que, pálido e com a pressão arterial baixíssima, ele teve de ser internado às pressas. Era um infarto - 99% de sua coronária direita estava obstruída. Submetido ao tratamento de urgência, uma angioplastia para o desentupimento arterial, Peon aceitou participar de um estudo inédito no Brasil com células-tronco. Coordenada pelo cardiologista Hans Fernando Dohmann, do Hospital Pró-Cardíaco, no Rio de Janeiro, a pesquisa busca minimizar as seqüelas de um infarto em pessoas que acabaram de ser acometidas pelo mal. Retiradas da medula óssea do paciente, as células-tronco foram injetadas diretamente na área infartada. O objetivo é impedir dano ao músculo cardíaco - quanto maior a necrose, mais difícil é a recuperação do tecido. A equipe médica espera também que as células cardíacas originadas a partir das células-tronco façam com que o coração recupere suas funções por completo. O procedimento é rápido e praticamente indolor. "Estou confiante", diz Peon.



## QUANDO É BOM SENTIR DOR

Há nove anos, a psicóloga e publicitária **Mara Gabrielli**, de 36 anos, envolveu-se num acidente gravíssimo de carro. Ela fraturou a coluna cervical e ficou tetraplégica. Vários nervos que controlam órgãos vitais foram afetados. Mara perdeu todos os movimentos do pescoço para baixo e passou dois meses num respirador artificial. Foram duros anos de reabilitação. Mara fez o que pôde para se adaptar à vida numa cadeira de rodas. Em 1997, ela fundou a ONG Projeto Próximo Passo, que trabalha para melhorar o cotidiano do deficiente físico. "Nunca abandonei o otimismo", conta. Quando ouviu falar que um grupo de pesquisadores brasileiros estudava a injeção de células-tronco para a recuperação de lesões medulares, como



paraplegia e tetraplegia, Mara não titubeou em aderir ao projeto. Em pesquisas internacionais com animais, o implante de células-tronco na medula espinhal foi capaz de fazê-los voltar a andar. O estudo desenvolvido pelo Hospital das Clínicas, de São Paulo, e coordenado pelo professor Tarcísio Pessoa de Barros Filho procura repor as células da medula lesada. Elas são extraídas, filtradas em laboratório e reinjetadas no local da lesão. Dos trinta pacientes que receberam o implante, dezoito apresentaram resposta positiva ao exame de potencial elétrico evocado, que mede a frequência dos impulsos dos membros para o cérebro. "Senti um aumento, ainda que pequeno, da sensibilidade à dor", conta Mara. "Nunca estive tão otimista."

### "EU ERA PELE E OSSO"

Há cerca de três meses, o operário desempregado **Leandro Simão Moreira**, de 24 anos, começou a sentir-se fraco. Durante uma partida de futebol com os amigos, seu coração disparou e ele teve uma súbita falta de ar. Vieram, então, a febre insistente, as náuseas constantes, as dores de cabeça frequentes e a perda de peso. Em duas semanas, Moreira passou de 75 quilos para menos de 60. "Eu era pele e osso", lembra. O diagnóstico: diabetes tipo 1, doença auto-imune que transforma suas vítimas em escravas das injeções diárias do hormônio insulina. O mal se caracteriza pelo ataque do sistema imunológico do próprio paciente às células produtoras de insulina. Moreira tinha



de tomar várias injeções de hormônio por dia. Assustado com o seu estado de saúde, ele aceitou ser cobaia de um novo tipo de tratamento. Moreira foi o primeiro paciente do mundo a submeter-se a um transplante de células-tronco para o combate do diabetes tipo 1. Pesquisadores da Universidade de São Paulo, campus de Ribeirão Preto, coletaram células da medula óssea no sangue de Moreira e, em seguida, com drogas imunossupressoras, desativaram o sistema imunológico dele. As células-tronco foram reinjetadas no organismo do operário. Os médicos esperam que elas reconstruam o seu sistema imunológico e, desse modo, eliminem o diabetes. "As chances de recuperação de Leandro são muito altas", diz o pesquisador Júlio César Voltarelli, coordenador do estudo. "À medida que seu organismo aumentar a produção de insulina, nós diminuiremos a dosagem do hormônio." Outros doze transplantes iguais ao de Moreira já foram autorizados pelo Ministério da Saúde.

## EM DEFESA DO USO DE EMBRIÕES HUMANOS

O grande símbolo da campanha pelas experiências com células-tronco de embriões humanos é o ator americano Christopher Reeve, de 51 anos. Em maio de 1995, durante uma prova de hipismo, ele sofreu uma queda. Imediatamente, Reeve perdeu os movimentos do pescoço para baixo e parou de respirar. Ninguém apostava em sua sobrevivência. Mas, dono de uma obstinação extraordinária, Reeve transformou-se em um caso único na história da medicina. Atualmente, ele consegue respirar por algumas horas sem a ajuda de aparelhos, identifica estímulos que recebe no corpo e já recuperou alguns movimentos dos dedos dos pés e de uma mão. Muito de sua determinação vem da certeza de que chegará o dia em que ele se beneficiará da terapia com células-tronco e voltará a andar. Sua esperança é tanta que ele até criou uma fundação, com seu nome, que visa a arrecadar investimentos para os experimentos com células-tronco.

Quando o presidente George W. Bush anunciou, em 2001, que o governo americano não financiaria mais nenhuma pesquisa com células-tronco de embriões humanos, associações de doentes e de parentes de vítimas dos mais diversos males e outros tantos artistas se juntaram a Reeve contra o veto presidencial. Entre eles, o ator canadense Michael J. Fox e a atriz americana Mary Tyler Moore. Em 1998, aos 37 anos, o astro da trilogia *De Volta para o Futuro* revelou que sofria do mal de Parkinson, doença degenerativa do sistema nervoso. Fox está entre os 4% do total de pacientes que desenvolvem o mal antes dos 40 anos. No mesmo ano, ele foi submetido a uma cirurgia no cérebro com o objetivo de abrandar os sintomas mais severos da doença. A cura, no entanto, não existe. Outro nome de peso em defesa dos testes com células-tronco de embriões humanos é a atriz Mary Tyler Moore, estrela, na década de 70, de um seriado de TV. Portadora do tipo 1 de diabetes, desde a juventude ela vive à base de injeções diárias de insulina. Para Mary, a esperança é que um dia as células-tronco sejam capazes de fazer com que seu organismo produza naturalmente esse hormônio ([veja depoimento](#)). No caso de Fox, espera-se que as células-tronco substituam os neurônios doentes por neurônios novos e ele recupere o controle sobre seu corpo.

Apesar de existirem células-tronco no cordão umbilical de recém-nascidos e na medula óssea de adultos, as experiências com as embrionárias são de suma importância. Nenhum outro tipo de célula-tronco é tão versátil quanto elas. Acompanhar o desenvolvimento delas em laboratório e estudar o processo pelo qual elas se especializam é primordial para que os cientistas consigam definir quais os genes e as substâncias envolvidos nessa transformação.

**ANEXO 9**

---

*Texto: "A história das leis de Mendel na perspectiva fleckiana"*

**A HISTÓRIA DAS LEIS DE MENDEL NA PERSPECTIVA FLECKIANA**  
(The history of Mendel's laws in the Fleckian perspective)

**Raquel Crosara Maia Leite**

(PPGE - UFSC)

raquel@ced.ufsc.br

**Nadir Ferrari**

(BEG - UFSC)

ccb1naf@ccb.ufsc.br

**Demétrio Delizoicov**

(MEN - UFSC)

demetrio@ced.ufsc.br

**Resumo**

Apresentamos aqui um material dirigido ao professor, que pode servir de suporte no ensino de ciências contextualizado historicamente. A partir das categorias *estilo de pensamento* e *coletivo de pensamento* propostas pelo epistemólogo polonês Ludwik Fleck, neste trabalho buscamos estabelecer relações entre a produção científica de Mendel e o contexto social, histórico e econômico de sua época. Concluimos que a sua participação em diversos *coletivos de pensamento* teria contribuído para que Mendel encarasse o problema da hereditariedade sob uma nova perspectiva. Sugerimos a possibilidade deste material subsidiar a atuação do professor na perspectiva de um ensino de ciências que considere a abordagem histórica.

**Abstract**

The theory of "thought-style" and "thought-collective" formulated by the polish epistemologist Ludwick Fleck is used here in order to find possible relationships between Mendel's work and the social, historic and economic environment of his time. Our analysis points out that his participation in various "thought-collectives" contributed to Mendel's new perspective regard the heredity question. The information contained here can be of help to teachers who consider the historical approach when teaching science.

**Introdução**

O ensino de ciências necessita do aporte da história das ciências para se efetivar como instrumento de alfabetização científica (termo aqui empregado na acepção de Fourez, 1994). Esta perspectiva é válida quando se considera os aspectos sociológicos na origem dos conhecimentos científicos, isto é, quando a história não é vista simplesmente como uma série de nomes, datas, anedotas e feitos heróicos de personagens geniais.

Nossa experiência tem mostrado que, muitas vezes, os professores são motivados a utilizar esta abordagem mas enfrentam dificuldades em encontrar material bibliográfico adequado.

Este trabalho é uma tentativa de contribuir para o ensino de ciências, particularmente com o ensino de tópicos ligados à genética, partilhando um olhar sobre a história das leis de Mendel que ainda hoje são centrais na biologia. Faremos aqui uma análise da produção científica de Mendel em relação com o contexto social, histórico e econômico de sua época, a partir das categorias *estilo de pensamento* e *coletivo de pensamento*, de Ludwick Fleck. Este tipo de análise permite abordar a natureza coletiva da investigação, os fatores externos à ciência, o caráter histórico do saber, a tendência à persistência dos sistemas de idéias e o olhar formativo como elementos ligados à gênese do conhecimento.

Os livros didáticos frequentemente apresentam Gregor Mendel como um dos heróis da ciência<sup>1</sup>, atribuindo-lhe o título de “pai da genética”. A imagem que surge é a de um monge que, trabalhando como um pesquisador recluso, realizando experiências com ervilhas, em um mosteiro isolado, conseguiu estabelecer as “leis da hereditariedade”.

A partir das reflexões de Fleck, nossa hipótese é a de que o trabalho de Mendel está em sintonia com o contexto em que viveu e que é fruto de suas relações com estilos de pensamento diversos. Esta perspectiva considera os aspectos sociológicos e históricos na gênese das teorias de Mendel, sem desmerecer seu trabalho individual e sua genialidade. Utilizaremos as categorias propostas por Fleck para analisar a origem e o desenvolvimento do pensamento de Mendel, estabelecendo relações com os grupos (coletivos de pensamento) com os quais conviveu e com o contexto intelectual e econômico de seu período histórico.

### A epistemologia de Ludwik Fleck

Ludwik Fleck (1896-1961), médico de origem judaico-polonesa, foi clínico e pesquisador em laboratórios de bacteriologia e imunologia. Sua importante contribuição também no campo da epistemologia, foi propiciada por seus estudos de filosofia, sociologia e história (Schäfer e Schenelle 1986) e por sua participação na Escola Polonesa de Filosofia da Medicina (Iana Lowy, 1994 e Da Ros, 2000).

A primeira obra epistemológica de Fleck, publicada em 1927, teve como campo de análise a medicina. Na publicação seguinte, de 1929, as afirmações que ele fez para este campo do saber são estendidas para as ciências naturais em geral (Schäfer e Schenelle, 1986). Em seu livro *A Gênese e o Desenvolvimento de um Fato Científico*, publicado em 1935, Fleck expõe as linhas principais da sua epistemologia, pautada principalmente no caráter social da ciência. A ênfase na dimensão social e no trabalho coletivo da produção do conhecimento científico faz com que Fleck seja apresentado como um dos primeiros a pensar a ciência com uma abordagem sociológica (Trenn e Merton, 1981; Schenelle, 1986; Delizoicov et al., 1999).

Opondo-se à neutralidade do modelo empirista mecanicista, Fleck trabalha com uma concepção de sujeito coletivo, que compartilha um estilo de pensamento peculiar ao coletivo de pensamento ao qual pertence e que determina o estado do conhecimento.

Para Fleck, o ato de conhecer é uma atividade que está ligada aos condicionantes sociais e culturais do sujeito pertencente a um coletivo de pensamento, que pode ser entendido como uma comunidade de indivíduos que compartilham práticas, concepções, tradições e normas. Cada coletivo de pensamento possui uma maneira própria de ver o objeto do conhecimento e de relacionar-se com ele, que é determinada pelo seu estilo de pensamento.

O estilo de pensamento determina a maneira de pensar de um coletivo em um dado momento histórico. Os iniciantes em um coletivo são preparados, treinados, doutrinados a olhar o “mundo”, elaborar problemas e buscar as respostas em sintonia com o estilo de pensamento. Este processo determina que ao “olhar” para o objeto, o membro de um coletivo apresenta um estilo de pensamento que orienta sua prática e guia o que observar, o que olhar e como olhar (ver **formativo**).

Coletivos de pensamento distintos, que compartilham diferentes estilos de pensamento, ao “olharem” para o mesmo objeto, apresentam aproximações divergentes. Os problemas formulados e a maneira de enfrentá-los e de buscar resolvê-los serão diferentes. É durante o processo de formação que o iniciante aprende a “ver” os fatos de acordo com o estilo de pensamento, através da socialização de conceitos, uso da linguagem, práticas, valores e normas compartilhados por seu grupo.

A comunicação entre estilos de pensamento torna-se mais difícil à medida que as diferenças entre eles são maiores. Apesar dos diferentes estilos de pensamento serem incomensuráveis

<sup>1</sup> Os livros examinados foram AMABIS, J. M. e MARTHO, G.R., 1994; FONSECA, A, 1995; LINHARES e GEWANDSZNAIDER, 1993; ALBUQUERQUE, (1993).



(incongruentes)<sup>2</sup>, o diálogo pode ocorrer através da tradução que, no entanto, é imperfeita, ocorrendo perdas em alguns pontos, mas ganhos em outros. Este processo de comunicação entre estilos de pensamento é um dos motivos pelo qual um novo estilo pode surgir.

A participação em vários coletivos de pensamento e o intercâmbio entre diversos estilos de pensamento pode promover mudanças teóricas e afrouxar a coerção de pensamento, contribuindo para a mudança de significados de termos e propiciando o surgimento de um novo estilo de pensamento. Indivíduos que participam simultaneamente de vários coletivos atuam como um veículo no tráfico de pensamento (Fleck, 1986), fazendo a circulação intercoletiva de idéias, fonte para a mudança ou transformação do estilo de pensamento. Apesar da ênfase no coletivo e da rejeição a uma concepção individualista, a dimensão individual não é negada. O indivíduo é concebido como um ser que se relaciona, que interage com os demais membros do coletivo.

Participar de vários coletivos, que partilham diferentes estilos de pensamento, leva o indivíduo a conviver com elementos logicamente contraditórios, alguns dos quais são encarados como crença e outros como matéria de saber. Desta forma, os elementos ficam isolados, não influenciando um no outro, o que evita um conflito psíquico.

“Se os estilos de pensamento são muito distintos, então pode-se manter seu isolamento no mesmo indivíduo, enquanto que se, pelo contrário, se trata de estilos de pensamentos mais parecidos, não é tão facilmente possível uma tal separação, pois o conflito que se estabelece entre os estilos de pensamento estreitamente relacionados faz impossível sua coexistência dentro do indivíduo e condena a pessoa à improdutividade ou à criação de um estilo de pensamento especial situado entre ambos” (Fleck, 1986, p.157).

### A vida de Gregor Mendel

Johann Mendel nasceu em 1822, na província da Silésia austríaca, na cidade de Heinzendorf. Oriundo de uma família de agricultores pobres, ele conciliou os estudos com o trabalho no campo. Em 1840, aos dezoito anos de idade, matriculou-se no Instituto Filosófico da Universidade de Olmütz, onde estudou filosofia, latim, filosofia grega, matemática, física, religiões, história e história natural. Ingressou como noviço no Mosteiro de Santo Tomás, em Brünn, região da Morávia, em 1843, onde aliou os estudos teológicos à participação em cursos sobre agricultura, arboricultura e vinicultura. Ao ordenar-se padre, em 1847, adotou o nome de Gregor.

Devido a um decreto imperial de 1802, o Mosteiro Agostiniano de São Tomás em Brünn deveria fornecer professores para as escolas secundárias austríacas (Sandler e Sandler, 1985). Para conseguir o certificado de professor efetivo<sup>3</sup>, Mendel submeteu-se a uma banca da Universidade de Viena, sendo aprovado em física, porém reprovado em geologia e zoologia. A causa deste insucesso foi Mendel “não atender à terminologia técnica e por expressar idéias pessoais não condizentes com a ciência tradicional” (Freire-Maia, 1995, p.5). Esta justificativa dada à reprovação sugere que Mendel não compartilhava a linguagem, os conhecimentos e a visão de mundo compatíveis e utilizados pelos membros dos coletivos de pensamento aos quais seus avaliadores pertenciam (geólogos e zoólogos).

Para continuar seus estudos, com o objetivo de obter a habilitação para o ensino de física e outras ciências em escolas de ensino médio, Mendel foi enviado pela sua ordem religiosa à Universidade de Viena, no período de 1851 a 1853 (Freire-Maia, 1995; Mayr, 1998). Durante este período ele estudou Zoologia, Botânica, Paleontologia, Física e Matemática. No entanto, ao final do curso, novamente, não conseguiu obter o certificado de professor, por ter se desentendido com a banca examinadora. Em 1857, Mendel regressou ao mosteiro e passou a ocupar o cargo de

<sup>2</sup> Dalizicov e colaboradores (1999) esclarecem que o termo incomensurabilidade utilizado por Fleck aparece em seu artigo em polonês (1927) podendo significar incongruência (*niewspółzmiernosc*), mas na sua monografia em polonês, ele utiliza a palavra incomensurável (*inkomensurabel*).

<sup>3</sup> Este certificado era a qualificação necessária para trabalhar em escolas estatais (Freire-Maia, 1995).

professor substituto de ciências da escola real de Brünn, graças à influência do abade Napp, o superior do convento.

Acumulando também a função de jardineiro e hortelão, em 1857 Mendel iniciou seu trabalho de hibridação com ervilhas (*Pisum sativum*). Os resultados destas experiências foram apresentados em duas conferências realizadas na Sociedade Natural de Brünn, em fevereiro e março de 1865, e publicados em 1866<sup>4</sup> sob o título "Versuche über Pflanzen-Hybriden" (Experiências sobre híbridos vegetais). Este artigo que seria a referência para as "leis da hereditariedade".

Eleito abade em 1868, Mendel tentou conciliar as novas atribuições com suas pesquisas. Estimulado por Nägeli, um prestigiado botânico da época, a realizar seus experimentos com chicória (*Hieracium*), Mendel obteve resultados incompatíveis com a teoria que ele havia estabelecido em seu trabalho anterior. Isto aconteceu porque a chicória se reproduz por partenogênese<sup>5</sup>. Este trabalho foi publicado em 1870. Desestimulado por esta conclusão e sobrecarregado com os encargos administrativos, Mendel abandonou seu trabalho com cruzamentos (Freire-Maia, 1995; Mayr, 1998).

O monge que posteriormente seria considerado o "pai da genética" faleceu em 1884, aos 62 anos, vítima de uma nefrite. Em 1900, três botânicos, De Vries, Correns e Tschermak, trabalhando independentemente, reconheceram a importância do trabalho de Mendel para a ciência, apontando-o como o "descobridor das leis da hereditariedade". Para Canguilhem:

"Nenhuma das categorias habituais convém ao caso de Mendel. Não se trata de um precursor. Precursor é, sem dúvida, aquele que corre à frente de todos os seus contemporâneos, mas é também aquele que pára num percurso em que outros, depois dele, correrão até o final. Ora Mendel correu toda a corrida. Não é um fundador, pois um fundador não seria ignorado por aqueles que erguem um edifício sobre os alicerces que o fundador colocou. Na falta de uma categoria pertinente, será necessário contentarmo-nos com uma imagem, e falar da obra científica de Mendel como de uma criança nascida prematuramente, que se terá deixado morrer por despreparo para a receber?" (Canguilhem, 1977, p. 98).

Acreditamos que uma alternativa à imagem proposta por Canguilhem é que uma obra do porte desta de Mendel foi possível graças à sua participação em coletivos de pensamento diversos, o que contribuiu para a posterior instalação de um novo estilo de pensamento, compartilhado por um novo coletivo (geneticistas). Assim sendo, analisaremos os coletivos de pensamento de que Mendel participou.

### Coletivos de pensamento relacionados a Mendel

Mendel foi um homem bastante ativo, eclético, polivalente, que exerceu uma vasta gama de atividades e chegou a pertencer a 8 associações científicas e 26 não-científicas. Suas atividades não eram restritas ao interior do mosteiro: atuou como membro da Assembléia Regional da Morávia e ocupou o cargo de vice-diretor e diretor do Banco de Empréstimos da Morávia (Freire-Maia, 1995). Neste sentido, podemos considerar que Mendel conviveu com diversos coletivos de pensamento.

Alguns coletivos de pensamento podem ser claramente identificados com Mendel, outros, porém, merecem estudo e discussão mais amplos.

#### Coletivo dos Religiosos

<sup>4</sup> O trabalho foi publicado com a data de 1865.

<sup>5</sup> Partenogênese: desenvolvimento de um novo indivíduo a partir de um óvulo não fertilizado (Burns, G. Genética - Uma introdução à hereditariedade. Guanabara, Rio de Janeiro, 1986).

Facilmente podemos situar Mendel como membro do coletivo de pensamento da religião católica, por sua formação solidamente orientada pelos rituais e pela tradição do catolicismo e por sua obediência às suas regras. No entanto, o “lado científico” parece não ter sofrido influências da sua crença religiosa (Drouin, 1996, p. 32), o que é compatível com o pensamento de Fleck (1986) de que pessoas pertencentes a coletivos com estilos de pensamento muito diferentes mantinham um isolamento entre os conteúdos para evitar a influência de um sobre o outro. Podemos até supor que a adesão de Mendel à ordem religiosa de Santo Agostinho trouxe algumas influências no seu trabalho científico. Algumas características deste grupo religioso, ressaltadas por Freire-Maia (1995), parecem indicar que isto pode ter acontecido:

“Os agostinianos não têm uma regra severa como os cartuxos e nem mesmo como os trapistas. Estão longe de formar uma ordem contemplativa, afastada do ruído mundano e inteiramente dedicada à vida reclusa. Foi por isso que Mendel pôde se locomover livremente, ter atividades sociais, ocupar postos governamentais e bancários, ser estudante universitário, exercer o magistério fora do mosteiro e fazer viagens de passeio à Alemanha, Itália, França e Inglaterra” (Freire-Maia, 1995, p.16).

Poderíamos considerar que os agostinianos formavam um coletivo de pensamento inserido em um coletivo mais amplo formado pelos católicos.

Mendel convivia ainda com uma comunidade menor formada pelos monges do Mosteiro de São Tomás, a qual apresentava algumas particularidades como a dedicação ao ensino, o interesse pelas ciências naturais e pela agricultura, bem como o incentivo à realização de experimentos científicos na área de hibridação de plantas (Sandler e Sandler, 1985; Drouin, 1996). Poderíamos sugerir que estas características especiais mantêm relação com a região onde se situava o mosteiro e com a presença do abade Napp.

Franz Cyril Napp (1792-1867) foi superior do mosteiro por 43 anos. Além das atividades administrativas do convento, supervisionou o sistema escolar da região durante muitos anos e foi dirigente de várias entidades agrícolas. Uma delas foi a Sociedade de Pomologia, uma instituição que visava melhorar os métodos de seleção e de hibridação de árvores frutíferas e da videira e era filial da Sociedade de Agricultura. Napp concordava com a idéia de que era necessário conhecer as leis da hereditariedade para melhorar a seleção artificial e considerava importante compreender “o que é transmitido e como”. Para isso afirmou que era necessária uma pesquisa pura, que mantivesse distância com a agricultura. Resolveu, então, incentivar Mendel a se dedicar a este intento (Englebert-Lecomte, 1998/1999; Drouin, 1996).

É possível que a participação de Mendel no coletivo de pensamento instituído no mosteiro agostiniano de Brunn tenha influenciado o encaminhamento de sua produção científica. Para melhor analisar esta influência, situaremos o contexto social e econômico em que estava inserido o convento onde foram realizadas as famosas experiências com ervilhas.

### A Região da Morávia

Na época de Mendel, a Morávia<sup>4</sup> era uma pequena região agrícola do Império Austro-húngaro, que, como outras partes da Europa, passava por mudanças sociais advindas da revolução industrial.

Os ricos proprietários de terras buscavam uma “revolução agrícola”, que proporcionasse aumento na produção para satisfazer a necessidade crescente de matéria prima pelas indústrias, para alimentar os operários e para aumentar o comércio de produtos agrícolas. Eles acreditavam que isto poderia ser conseguido através da seleção ou hibridação<sup>5</sup> das características economicamente interessantes dos vegetais e dos animais de criação.

<sup>4</sup> Hoje, a Morávia é uma província da República Tcheca.

<sup>5</sup> É o cruzamento entre duas raças de uma mesma espécie vegetal ou animal ou entre espécies diferentes. (Englebert-Lecomte, 1998/1999).

Desde o início do século XIX, muitas sociedades acadêmicas foram criadas na região da Morávia, a partir da iniciativa das autoridades e de particulares, com a intenção de melhorar a economia. Entre elas podemos citar a Sociedade de Agricultura, a Sociedade de Pomologia e a Sociedade de Ciências Naturais de Brünn, onde Mendel apresentou seu trabalho. Os membros destas sociedades se interessavam principalmente pela reprodução de animais e pela hibridação de plantas. Este interesse não era limitado à prática, pois eles buscavam também descobrir as regras da hereditariedade e converter a arte da reprodução em uma ciência (Sandler e Sandler, 1985).

O fato de Mendel ter vivido desde sua infância nesta região parece ter contribuído significativamente com sua produção científica e nos leva a pensar que ele participou das atividades de um coletivo de pensamento de agricultores da Morávia.

### Coletivo dos Agricultores

A família de Mendel era proprietária de um pequeno sítio na região da Morávia, onde, na época, cada camponês era obrigado a dar três horas de trabalho por semana para o senhor feudal. Muitos autores, entre eles Jacob (1983) e Freire-Maia (1995), apontam que o convívio e o trabalho com a família de agricultores influenciaram a obra de Mendel. Cavalcanti (1965) destaca ainda a importância da aprendizagem de técnicas de enxertia e hibridação em sua infância, que depois seriam as ferramentas que ele utilizaria em suas experiências.

Deste modo, Mendel detinha o saber, as noções práticas e o golpe de vista, gestos comuns a um lavrador, o que nos sugere inseri-lo no estilo de pensamento compartilhado pelo coletivo dos agricultores. No mosteiro, ele exerceu a função de jardineiro e horticultor, e fez cursos de agricultura, arboricultura e viticultura. Interessava-se por plantas ornamentais e pelo melhoramento dos vegetais. Conseguiu obter uma nova variedade de flor que ficou conhecida como a fúcsia de Mendel e chegou a receber uma medalha pelas suas pesquisas agrônômicas (Freire-Maia, 1995).

A ligação com este coletivo de pensamento provavelmente foi responsável por uma característica, entre outras, que teve grande importância nos experimentos: a habilidade em executar a técnica de polinização artificial, crucial para seus cruzamentos entre ervilhas. A autofecundação é o modo de reprodução das ervilhas e, para garantir a origem dos cruzamentos e realizar a fecundação cruzada, Mendel utilizava a polinização artificial.

A manipulação de cruzamentos era a metodologia utilizada por dois grupos que investigavam questões ligadas à hereditariedade: hibridadores e criadores de plantas e animais. Como estamos interessados na participação de Mendel em diversos coletivos, vamos analisar sua relação com estes grupos.

### Coletivo dos Hibridadores de Espécies ou dos Cultivadores de Plantas?

Na época de Mendel, coexistiam dois grupos de pesquisadores que se interessavam por problemas afins e utilizavam uma metodologia em comum, o cruzamento: os hibridadores e os cultivadores. Porém, pertenciam a tradições diferentes, com interesses, problemas e objetivos próprios. Constituiriam coletivos de pensamento diferentes.

Os hibridadores de espécies eram estudiosos que estavam preocupados com a produção de novas espécies. Queriam entender se, a partir do cruzamento de duas espécies diferentes, surgiria uma terceira, ou seja, para eles o problema era saber se o híbrido resultante desse cruzamento se constituiria em uma nova espécie, uma nova essência. Sua atenção estava dirigida ao problema das espécies e não dos caracteres individuais. Já haviam generalizado a idéia de que os híbridos produzidos na geração  $F_1$  apresentavam caráter intermediário e uma relativa uniformidade e que na geração  $F_2$  ocorria o aumento da variabilidade. Eles não acreditavam que a herança se dava por um processo de mistura da matéria seminal dos genitores (exceto Nägeli, o que terá repercussão no trabalho de Mendel).

Entre os hibridadores de espécies podemos citar Lineu (1707-1778), Kölreuter (1733-1806), Gärtner (1772-1850) e Naudin (1815-1899).

Para alguns autores (Giordan, 1987; Hartl e Orel, 1992; Englebert-Lecomte, 2000), Mendel fez parte da tradição dos hibridadores porque utilizava a ervilha como material para experimentação e sua observação era centrada na transmissão de caracteres. Mendel considerava-se um hibridador devido ao seu trabalho com híbridos e em seu artigo de 1865 fez referências a Kölreuter, Gärtner e Wichura, importantes personalidades da tradição dos hibridadores. No entanto, o fato dele ser reconhecido como hibridador é um dos fatores apontados para a negligência com que seu trabalho foi interpretado. Seus contemporâneos imaginaram que seu trabalho fosse apenas mais um relato sobre hibridação de plantas. O trabalho de Mendel foi citado aproximadamente treze vezes em outros trabalhos sobre hibridação antes de 1900. Diferentemente dos hibridadores, que se interessavam pelo problema das espécies, os cultivadores de plantas<sup>4</sup> eram instigados pelos aspectos práticos da hereditariedade, como aumentar o rendimento e melhorar a qualidade de plantas e animais.

Entre os cultivadores da época estão Knight (1759-1853), que destacou a vantagem de utilizar ervilhas comestíveis (*Pisum sativum*) nos trabalhos sobre hereditariedade, e Sageret (1763-1851), que realizou cruzamentos entre variedades do melão *Cucumis melo* analisando cinco pares de variedade seguindo a tradição dos cultivadores que "estudavam caracteres individuais e seguiam seu destino por uma série de gerações" (Mayr, 1998, p. 723). Sageret concluiu que não havia fusão íntima entre os caracteres dos genitores, mas que ocorria uma distribuição igual ou desigual desses caracteres que são imutáveis. "Sageret não apenas confirmou o fenômeno da dominância e descobriu a segregação independente dos diversos caracteres, mas estava plenamente consciente da importância da recombinação" (Mayr, 1998, p. 724).

Vários elementos apoiam a identificação de Mendel com a tradição dos cultivadores: a preocupação com as regras da hereditariedade, o estudo de caracteres isolados, a preocupação com o melhoramento de plantas, a origem em uma família de agricultores, a ligação de seu mosteiro com a Sociedade de Agricultura.

Mayr (1998) aponta Mendel como cultivador e contesta sua inclusão no grupo de hibridadores. Ele afirma que, como discípulo de Unger e estudioso da evolução, Mendel ocupava-se com as diferenças de um único caráter e não, como os hibridadores, com a essência das espécies. Porém, as idéias de Fleck (1986) possibilitam uma nova interpretação. A convivência de Mendel com estilos de pensamentos próximos teria provocado a criação de um outro estilo de pensamento, situado entre os hibridadores e cultivadores. Este "novo" estilo de pensamento contribuiu diretamente na produção científica de Mendel.

### Coletivo dos Cientistas

Enquanto frequentou a Universidade de Viena, Mendel, preparou-se para ser professor e recebeu uma sólida formação científica, sobretudo no plano metodológico (Drouin, 1996). Desta forma poderíamos considera-lo como um membro do coletivo de pensamento que compartilhava o estilo de pensamento científico predominante.

A figura de um monge trabalhando no jardim de seu mosteiro pode contribuir para a construção de uma imagem de pesquisador amador, idéia que é rechaçada por Drouin (1996), ao relatar que ele dispunha no seu convento de um jardim experimental, de auxiliares para as culturas, de uma biblioteca e de intercâmbio com outros religiosos naturalistas.

Mendel trocava correspondência com outros cientistas e, além disso, sua participação na Sociedade de Ciências Naturais lhe proporcionava encontros com amadores, universitários e especialistas de diversas áreas e a possibilidade de publicação. Esta Sociedade enviava suas publicações a mais de uma centena de bibliotecas e instituições como a Royal Society e a Linnean Society. Desta forma podemos entender que Mendel buscou estabelecer comunicação entre seus

<sup>4</sup> Também chamados por Mayr (1998) de criadores de plantas práticas.

pares. Portanto, alegar que a obra de Mendel foi publicada em uma revista desconhecida não procede e não explica porque sua obra foi ignorada pelos cientistas da época (Sandler e Sandler, 1985; Mayr, 1988).

Embora Fleck (1986) apresente a estrutura do coletivo de pensamento científico como um todo e dispense tratar as peculiaridades de cada especialidade, por considerá-las próximas, investigaremos aqui a ligação de Mendel com grupos ligados às disciplinas de física e de biologia como coletivos.

### Coletivo dos Físicos

Na Universidade de Viena, Mendel estudou física e foi aluno do famoso físico Christian Doppler (1803-1853). Ao atuar como demonstrador no Instituto de Física da universidade, aprendeu a tomar notas cuidadosas dos seus experimentos, para chegar a generalizações numéricas e utilizar uma rudimentar análise estatística (Mayr, 1988).

A utilização da estatística para analisar dados já era um procedimento entre os físicos e Mendel utilizou este método para analisar seus resultados dos cruzamentos entre ervilhas. Em relação ao uso da estatística, o trabalho de Mendel foi mais tarde criticado porque seus dados eram “belos” demais e sugeririam que ele teria manipulado os resultados dos experimentos (Sapp, 1990; Hartl e Orel, 1992; Drouin, 1996). A insinuação de que Mendel fraudou seus resultados é rebatida por Freire-Maia:

“O fato é que, na época de Mendel, se ensinava que, com o fim de aproximar do máximo de verdade, dever-se-iam repetir as observações e, depois, selecionar aquelas que parecessem menos contaminadas por erros. Foi isto que Mendel aprendeu, de 1851 a 1853, na Universidade de Viena. Esse método é ilegítimo hoje, mas era a ciência oficial da época” (Freire-Maia, 1986, p. 1110).

A influência do convívio com este coletivo de pensamento parece relacionar-se com a escolha da metodologia, com a utilização da estatística e principalmente com o emprego do método experimental na procura de uma lei geral, que era característico da física. Mendel planejou seus experimentos tendo em mente uma teoria (hipótese) que queria testar (Mayr, 1998). Inclusive, a estrutura do artigo de 1865 é similar ao do estilo de pensamento dos físicos do período: os objetivos são claramente definidos, os dados são apresentados com concisão e as conclusões são formuladas com cautela. O trabalho de Mendel é considerado um exemplo clássico da literatura científica (Mayr, 1998).

Segundo Mayr (1998), a tradição dos físicos contemporâneos a Mendel recomendava a procura de uma lei geral, e como suas leis adequavam-se às ervilhas e não à chicória, ele ficou em dívida se suas descobertas seriam válidas para todas as espécies de plantas. Desestimulado por estes resultados e eleito abade de seu mosteiro em 1871, Mendel abandonou seu trabalho com cruzamentos.

### Coletivo dos Biólogos

Drouin (1996) argumenta que muitos autores aproximam Mendel da investigação biológica por sua relação com a horticultura. Sapp (1990) afirma que os experimentos de Mendel são centrais para a moderna biologia. Assim, neste trabalho, relacionaremos Mendel com o coletivo dos biólogos, pois o problema por ele formulado era do campo da biologia. A escolha do material para a experiência, os procedimentos específicos, os cuidados, a prática e os conceitos foram trazidos de um estilo de pensamento ligado aos biólogos, mais particularmente dos botânicos cultivadores de plantas e híbridos.

Em Viena, Mendel teve cursos de zoologia, paleontologia e botânica, disciplinas da área da biologia. Especial destaque deve ser dado ao fato de que seu professor de botânica foi Franz Unger, um defensor da teoria da evolução. Unger (1800-1870) propôs que a diversidade tinha origem interna e não externa, refutando a idéia de que o surgimento de novas espécies era devido somente à

influência de fatores externos. Ele acreditava que a solução do problema da origem das espécies viria através do estudo das variações.

Interessado na evolução desde a época em que foi aluno de Unger e influenciado pelas idéias do mestre, Mendel acreditava que as suas hipóteses deveriam estar em conexão com a teoria da evolução das espécies (Mayr, 1998). Mendel leu o livro *Origem das Espécies* de Darwin (1863) e fez várias anotações sobre ele (Freire-Maia, 1995; Hartl e Orel, 1992). Aparentemente, Mendel aceitava a idéia de evolução e de seleção natural. Neste ponto, as idéias de Mendel e Darwin se aproximavam, mas em muitos outros aspectos elas se distanciavam.

Neste período, segunda metade do século XIX, o problema da evolução era uma das principais discussões da biologia (Sandler e Sandler, 1985) e a teoria de Charles Darwin recebia grande atenção. Consideraremos aqui que Darwin pertencia ao coletivo de pensamento dos biólogos e buscaremos relações entre ele e Mendel.

Em seu livro *Variação de Animais e Plantas sob Domesticação*, publicado em 1868, após o trabalho sobre cruzamentos em ervilhas de Mendel, Darwin defendia a teoria da pangênese para explicar a hereditariedade. De acordo com esta teoria, a transmissão das qualidades hereditárias se dava através de gêmulas (partículas diminutas) existentes nas diversas partes do corpo, que eram transportadas para os órgãos reprodutores. Na fecundação, a formação dos híbridos era devida à mistura das gêmulas parentais (herança miscível). Darwin foi criticado com base no fato de que, após as misturas iniciais, tudo se transformaria em uma uniformidade, já que não haveria uma fonte de variação. Para resolver este impasse, ele recorreu à herança dos caracteres adquiridos, (Rose, 2000).

O enfoque de Darwin, ao utilizar o recurso da herança dos caracteres adquiridos, era diferente do de Lamarck (1744-1829), outra importante referência para a área. Para o primeiro, o processo evolutivo estava ligado à seleção natural enquanto que para o segundo, o mecanismo de adaptação de sua teoria da evolução baseava-se numa forma de esforço vital (Rose, 2000).

Mendel não compartilhava da idéia de herança adquirida. Também discordava da idéia da mistura ou combinação dos caracteres dos progenitores, e por isso estudou a expressão dos caracteres tomando-os individualmente (Gros, 1989). Mendel, que conhecia os estudos dos cultivadores de plantas e compartilhava de suas idéias, acreditava que os caracteres individuais não se misturavam durante a fecundação, sendo transmitidos à geração seguinte com quantidades discretas e de forma independente. Ao afirmar que a variação era brusca e descontínua, Mendel contrariava a crença, compartilhada por Darwin e muitos outros biólogos da época, na variação gradual e contínua (Mayr, 1998) e na mistura dos caracteres.

Durante sua correspondência com Nägeli, botânico famoso, Mendel comentou suas divergências em relação à mistura dos caracteres e enviou-lhe uma cópia da publicação de seu trabalho. Parece que Mendel escolheu mal seu interlocutor, que também tinha uma proposta de teoria da hereditariedade, baseada na herança miscível. Aceitar o trabalho de Mendel significaria para Nägeli refutar suas próprias idéias. Poderíamos dizer, com Fleck, que as concepções e o sistema de idéias de Nägeli e Mendel eram incompatíveis.

Para Darwin e muitos outros contemporâneos de Mendel, as discussões sobre hereditariedade estavam inseridas nos estudos de outras áreas como reprodução, embriologia, fisiologia e evolução, sem constituir um campo de interesse isolado. Algumas teorias da hereditariedade já haviam sido propostas, mas visando apenas complementar alguma teoria geral<sup>10</sup>. Nesta perspectiva, o trabalho de Mendel poderia ser encarado como parcial e incompleto (Sandler e Sandler, 1985). Seu afastamento do estilo de pensamento da época, talvez tenha sido uma das razões para a desconsideração do trabalho de Mendel por seus contemporâneos.

Outro aspecto que distancia Mendel de Darwin e de outros naturalistas é o da concepção dos experimentos. Enquanto estes consideravam que a natureza realizava as experiências (Jacob, 1983), Mendel planejava seus experimentos, determinando e manipulando os cruzamentos desejados.

<sup>10</sup> Mayr afirma que a primeira teoria geral da hereditariedade e do desenvolvimento foi proposta pelo filósofo Herbert Spencer (1864).

Mendel não foi o único a fazer uso da estatística nesta área. Francis Galton, em 1869, também usou um tratamento matemático em seu trabalho sobre a hereditariedade. Apesar da estatística ser pouco utilizada pelos biólogos daquela época, não sendo um método predominante neste estilo de pensamento, esta não pode ser considerada a causa única da pouca repercussão do trabalho de Mendel. No século XIX, havia a tendência à matematização na ciência, sendo as idéias e os métodos matemáticos bem aceitos (Sandler e Sandler, 1985).

Mesmo utilizando conceitos da biologia e trabalhando com um problema relacionado a este campo, as atitudes, procedimentos e concepções de Mendel se diferenciavam, em vários aspectos, do estilo de pensamento predominante entre os biólogos. Sobre a relação de Mendel com a biologia, Jacob (1983) afirmou que sua obra concilia-se com a física de sua época mas não exerce a menor influência sobre a maneira de seus contemporâneos fazerem biologia. Podemos supor que isto teria contribuído para a negligência em relação ao seu trabalho.

#### **Coletivo dos Metereologistas**

Mendel era tido como um homem meticuloso e sistemático. Durante 40 anos, fez a leitura, três vezes por dia, dos aparelhos colocados a várias distâncias dentro da área do mosteiro, o que o obrigava a andar cerca de 6 quilômetros diários. Chegou a inventar um aparelho para observar o sol e assim determinar a influência das variações solares sobre o clima (Freire-Maia, 1995).

Devido ao seu interesse por metereologia, Mendel escreveu nove artigos (Drouin, 1996, p.34). Assim, ele produziu mais artigos nesta área do que em relação a seus experimentos de cruzamentos de plantas (dois trabalhos publicados). Isto nos leva a considerá-lo um membro do coletivo de pensamento dos metereologistas.

#### **Coletivo dos Apicultores**

Como apicultor, Mendel observava cuidadosamente várias colméias que mantinha no mosteiro e relatava suas observações na Associação dos Apicultores da Morávia. Fez várias observações interessantes sobre a vida das abelhas e sugeriu aos apicultores a seleção pelo uso das colônias melhores e mais fortes (Kerr, 1995).

Freire-Maia (1995) aponta que, em 1950, Zirke (historiador da genética) defendia a hipótese de que o trabalho de Mendel foi fortemente influenciado pela pesquisa com abelhas do abade Johann Dzierzon. Dados obtidos nos experimentos de Dzierzon lhe sugeriram que as fêmeas vírgens produziam dois tipos de gametas em igual proporção. Se nos machos ocorresse a mesma coisa, a relação para os descendentes seria 1:2:1, e com dominância completa 3:1. Considerando esta idéia de Zirke, podemos pensar que o trabalho de Dzierzon pode ter sido a fonte de inspiração para Mendel quando elaborou a hipótese para a realização de seus experimentos com ervilhas.

Mendel provavelmente participou de vários outros coletivos de pensamento. Destacamos aqui aqueles sobre os quais encontramos informações e que parecem manter relação com o trabalho que deu origem a seu reconhecimento como o "pai da genética".

#### **Considerações finais**

A utilização das categorias de Fleck na análise do trabalho de Gregor Mendel permite evidenciar a influência do contexto social e cultural no desenvolvimento de um sistema de idéias. As idéias mendelianas, tradicionalmente apresentadas como contribuição isolada de um indivíduo, nesta análise foram encaradas como fruto da interação entre um sujeito cognoscente (Mendel), um



objeto (experimentos com plantas) e um estado de conhecimento (as idéias de diferentes coletivos de pensamento com os quais convivia).

A apresentação do desenvolvimento do trabalho de Mendel em relação à sua participação em vários coletivos de pensamento sugere que este fator contribuiu para que ele encarasse a hereditariedade sobre uma nova perspectiva. Ele teve um olhar diferente para o problema da herança dos caracteres. Com isso poderíamos dizer que Mendel lançou as bases para o que viria se constituir um novo estilo de pensamento. Para existir um estilo de pensamento seria necessária a existência de um coletivo de pensamento, o que não aconteceu enquanto Mendel era vivo. Mendel não conviveu com uma comunidade que concebia o problema da hereditariedade da mesma forma e que compartilhava as mesmas concepções, práticas e tradição. Isto só ocorreu por volta de 1900, dezesseis anos após sua morte, quando três pesquisadores (De Vries, Correns e Tschermak) trabalhando isoladamente em países diferentes reconheceram a importância de seu trabalho. Mendel finalmente conseguia seus interlocutores, vindo então a se instaurar um novo estilo de pensamento.

Acreditamos que a utilização da epistemologia de Fleck na interpretação da história da biologia pode ser útil na elaboração de materiais de consulta para professores que desejem conhecer a gênese de um conhecimento científico. Esperamos ter contribuído, com este exemplo de história das leis de Mendel, para o ensino de ciências em uma perspectiva histórica.

## Referências

- CANGUILHEM, G. (1977) Ideologia e racionalidade nas ciências da vida. Edições 70, Lisboa.
- CAVALCANTI, A. (1965). G. Mendel – Sua vida, sua obra e conseqüências de sua descoberta. *Ciência e Cultura*, vol 17, nº 4, p.427-436.
- CHAUÍ, M. (2000). *Convite à filosofia*. Ática, São Paulo.
- DA ROS, M. A. (2000). Estilos de pensamento em saúde pública - um estudo da produção da FSP-USP e ENSP-FIOCRUZ, entre 1948 e 1994, a partir da epistemologia de Ludwik Fleck. Florianópolis, UFSC, Tese de Doutorado.
- DELZOICÓV, D ; CASTILHO, N; CUTULO, L. R. A; DA ROS, M. A e LIMA, A. M. C. (1999). Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano. Atas do II Encontro Nacional de Pesquisa Em Educação em Ciências (ENPEC), Valinhos, São Paulo.
- DROUIN, J. M. (1996) Mendel: para os lados do jardim. In: SERRES, M. Elementos para uma história das ciências – vol. III - De Pasteur ao computador. Terramar, Portugal. p. 29-47.
- ENGLEBERT-LECOMTE, V. (2000). Document nº 1: Comment introduire de l'épistémologie dans l'enseignement des sciences: le cas de la génétique. In: FOUREZ, G. Les compétences terminales dans l'enseignement secondaire général relatives à la construction des savoir et celles liées à la gestion des technologies. Rapport de Recherche, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur.
- FLECK, L (1986). La génesis y el desarrollo de un hecho científico. Alianza Universidad, Madrid.
- \_\_\_\_\_. (1936). The problem of epistemology. In: COHEN, R. S e SCHNELLE (1986). *Cognition and fact – Materials on Ludwik Fleck*. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holanda. P.
- FOUREZ, G. (1994). *Alphabétisation scientifique et technique*. De Boeck, Bruxelles.
- FREIRE-MAIA, N. (1995.) *Gregor Mendel – Vida e Obra*. T. A. Queiroz, São Paulo.
- \_\_\_\_\_. (1986) Mendel – Alguns aspectos de suas investigações. *Ciência e cultura*, vol.38, nº 7.
- GIORDAN, A. (direction). (1987). *Histoire de la Biologie – Tome 2. Technique et Documentation-Lavoisier*. Paris.
- GROS, F. (1989) *A civilização do gene*. Terramar, Portugal.
- HARTL, D. L. e OREL, V. (1992). What did Gregor Mendel think he discovered? *Genetics*, 131, p.245-253.

- JACOB, F. (1983). *A lógica da vida: uma história da hereditariedade*. Graal, Rio de Janeiro.
- KERR, W. E. (1995). Mendel Apicultor. In: FREIRE-MAIA, N. (1995). *Gregor Mendel – Vida e Obra*. T. A. Queiroz, São Paulo.
- LOWY, I. (1994) Ludwik Fleck e a presente história das ciências. *Manguinhos – História, Ciências, Saúde*. Ed. Fiocruz, Rio de Janeiro, vol. I, número 1.
- MAYR, E. (1998). *O desenvolvimento do pensamento biológico*. Editora Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- MENDEL, G. (1995). Experimentos sobre hibridação de plantas. In: FREIRE-MAIA, N. *Gregor Mendel – Vida e Obra*. T. A. Queiroz, São Paulo.
- ROSE, M. (2000) *O espectro de Darwin - a teoria da evolução e suas implicações no mundo moderno*. Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro.
- SAPP, J. (1990). The nine lives of Gregor Mendel. In: *Experimental Inquires*, pp 137-166.
- SANDLER, I e SANDLER, L.(1985). On the origin of Mendelian genetics. *Symposium on Science as a Way os Knowing – Genetics*. Annual Meeting of the American Society of Zoologists, Baltimore. p. 753-768.
- SCHÁFER, L. e SCHENELLE, T. (1986). Introducción – Los fundamentos de la visión sociológica de Ludwik Fleck de la teoría de la ciencia. In: FLECK, L. *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. Alianza Universidad, Madrid.
- SCHENELLE, T. (1986). Ludwik Fleck and the Philosophy of Lwów. In: Cohen, R. S and Schenelle, T. *Cognition and Fact: Materials on Ludwig Fleck*. Dordercht: Reidel.
- TRENN, T.J e MERTON, R. K.(ed)(1981) Descriptive analysis. In: Fleck, Ludwik. *Genesis and development of a Scientific Fact*. Chicaco: University of Chicaco.

**ANEXO 10**

---

*Texto: "Visões de Ciências e sobre cientistas entre estudantes do Ensino Médio"*



## Visões de Ciências e Sobre Cientista Entre Estudantes do Ensino Médio



**Luiz Kozminsky e Marcelo Giordan**

Foram investigadas as concepções sobre Ciências e o agir dos cientistas, aplicando-se um questionário e obtendo-se representações do cotidiano de cientistas através de desenhos de estudantes do ensino médio. Algumas concepções formais sobre Ciências são apresentadas a partir das idéias de teóricos da Epistemologia das Ciências. Defende-se a necessidade de se introduzir elementos da cultura científica para se aprimorar o ensino de Ciências nas salas de aula, com base em argumentos epistemológicos, ideológicos e metodológicos.

► concepções sobre ciências, epistemologia, sala de aula ◀

Recebido em 4/10/01, aceito em 4/02/02

11

**C**iência, s.f. Conjunto de conhecimentos socialmente adquiridos ou produzidos, historicamente acumulados, dotados de universalidade e objetividade que permitem sua transmissão, e estruturados com métodos, teorias e linguagens próprias, que visam compreender e, poss., orientar a natureza e as atividades humanas. (Ferreira, 1986).

Cientista, s.m. Pessoa que cultiva particularmente alguma ciência; especialista numa ciência, ou em ciências. (Ferreira, 1986).

Com estas palavras, os verbetes "Ciência" e "cientista" são definidos em um dicionário da língua portuguesa. Tais como se nos apresentam, contêm características próprias e conceitos (ou preconceitos) do autor. Todavia, uma vez definidos, tornam-se divisores entre o que é e o que não é Ciência. Portanto, se um aluno interes-

sado no tema fosse consultar o vernáculo, encontraria uma concepção parcial, carente de aspectos como o caráter dinâmico da descoberta, a natureza da dúvida, a influência de concepções diversas do sujeito, o processo de pesquisa, ou mesmo a existência de conflitos entre diferentes linhas de pensamento sobre o que vem a ser Ciência e aqueles que a praticam. Mais ainda, as definições contidas nesse dicionário não são coincidentes com

*As visões de mundo dos estudantes também devem ser influenciadas pelo pensamento científico e pelas expressões de sua cultura, cujos traços são parcialmente divulgados na mídia*

aquelas contidas em outras referências, como dicionários etimológicos, de Filosofia ou mesmo de "Ciências". Cada uma destas definições está comprometida com as práticas e valores de uma cultura representativa de sua respectiva área de conhecimento: Língua Portuguesa, Etimologia, Filosofia.

A influência destas definições sobre a visão de Ciências dos estudantes

pode não ser determinante, na medida em que se apresentam encerradas em si, sem qualquer menção a exemplos de como procedem os cientistas, ou a como um problema típico das Ciências é, ou foi, tratado pela comunidade científica. Mesmo as dimensões social, histórica, universal e objetiva, bem como as particularidades de sua linguagem, não podem vir a ser apreendidas pelos estudantes por meio de uma definição vernacular. No entanto, esse distanciamento de como se fazem as Ciências e como elas são ensinadas nos parece fonte de muitos equívocos e desajustes entre como se pensa o mundo e se resolvem problemas nas salas de aula de quaisquer das ciências.

Acreditamos que as visões de mundo dos estudantes também devem ser influenciadas pelo pensamento científico e pelas expressões de sua cultura, cujos traços são parcialmente divulgados na mídia. No entanto, é no bojo de atividades realizadas em sala de aula que os estudantes podem se transformar em agentes sociais e históricos de seu tempo e podem, portanto, constituir significados apropriando-se de elementos da linguagem científica e de

A seção "O aluno em foco" tem resultado de pesquisas sobre idéias informais dos estudantes, sugerindo formas de levar essas idéias em consideração no ensino-aprendizagem de conceitos científicos.

seus procedimentos, o que lhes dá a oportunidade impar de atribuir valor às formas de pensar e agir do cientista. Neste sentido, quando os elementos da cultura científica puderem ser "vivenciados" pelos estudantes<sup>1</sup>, será possível avaliá-los e confrontá-los com outras formas de pensar e agir, típicas de outras culturas e que também estão presentes na sala de aula. Este é um objetivo central do ensino da Química, da Física e da Biologia, representantes atuais das "Ciências da Natureza" nas disciplinas escolares, que queremos pôr em relevo.

As justificativas para essa abordagem se apoiam em três perspectivas distintas. A primeira é de natureza epistemológica, de onde admitimos que o pensar científico é constituído em meio à resolução de problemas típicos da Ciência, ou seja, onde a elaboração de conhecimento se dá em função da necessidade de encontrar procedimentos, organizar, relacionar, confrontar e veicular informações para compreender, resolver ou mesmo formular uma dada situação-problema relacionada às demandas existenciais da humanidade, sejam elas de natureza material ou espiritual. Pensar e agir cientificamente contribuem para entender-se no mundo e com o mundo.

A segunda é de origem ideológica, de onde admitimos que algumas das tomadas de decisão pela sociedade e por seus cidadãos devem ser orientadas pelo entendimento de como funciona a Ciência, pois muitas dessas decisões são instruídas pelo conhecimento científico e são por ele legitimadas. Pensar e agir cientificamente sustentam decisões socialmente responsáveis.

A terceira repousa nos objetos da Educação em si, de onde admitimos que ensinar e aprender Ciências são atividades adequadamente planejadas quando seus atos, cenários, propósitos e meios de mediação guardam uma estreita aproximação com a cultura

científica, e alunos e professores se vêem como agentes de autênticas comunidades escolares. Pensar e agir cientificamente constituem-se em ações educacionais significativas.

Consideramos a necessidade de se investigar o que pensam os estudantes acerca do que vêm a ser as Ciências e de como procedem os cientistas no seu dia-a-dia. Desta forma, pretendemos levantar informações gerais sobre as visões de Ciências desses estudantes, analisá-las e avaliar as possibilidades de utilizá-las em situações de ensino, onde se privilegiem os modos de agir e pensar a partir de uma perspectiva científica.

As visões dos estudantes sobre Ciências e como agem os cientistas foram diagnosticadas por meio de uma dinâmica de discussões sobre o tema e registro de suas idéias por meio de textos escritos e desenhos. Em um primeiro momento, dispomos algumas idéias de pensadores que se propuseram a explicar o funcionamento da Ciência, no sentido de subsidiar a interpretação desses dados e a discussão sobre como as aulas de Química podem contemplar modos de agir e pensar científicos. Em seguida, apresentamos os registros dos estudantes nos dois momentos de investigação e propomos algumas interpretações. Finalizamos com uma discussão sobre as implicações desse tipo de trabalho para os projetos de ensino de Ciências nas escolas, em meio às atuais mudanças curriculares.

### **Idéias formais sobre Ciência e seu funcionamento**

Dispostos aqui algumas idéias de um certo grupo de pensadores representativos da Filosofia das Ciências, por julgarmos que elas são centrais no entendimento de como se desenvolveu

e tem se desenvolvido o pensamento científico. No entanto, não é nossa pretensão tomar esse grupo como referência exclusiva de uma área longeva e de produção fecunda de conhecimento. As idéias aqui destacadas servirão de base para discutir as visões de Ciências dos estudantes coletadas durante a investigação, bem como para realfirmar elementos característicos do pensamento e do fazer científicos, que julgamos pertinentes serem transpostos para situações de ensino e aprendizagem de Ciências.

Muitas das visões tradicionais sobre Ciências são decorrentes do pensamento positivista, representado sobretudo pelas idéias de Augusto Comte (1798-1857). Para aquele que é considerado um dos fundadores da sociologia, o conhecimento científico é proposição demonstrável e demonstrada de leis que se originam na experiência. Tal conhecimento se obtém pelo aprimoramento do senso comum, lançando-se mão de um método único para todas as Ciências. O método positivo é estabelecido com base na observação e na experiência, no acúmulo de evidências e na formulação de hipóteses, no encadeamento de idéias, e é

de quem deve instruir o pensamento positivo na elaboração do conhecimento científico.

Além da proposição do método, outra característica marcante do pensamento de Comte é o que ele chamou de *lei dos*

três estados. Segundo essa noção, cada ramo do conhecimento passaria sucessivamente em seu desenvolvimento por três estados históricos diferentes: o teológico, o metafísico e o positivo ou científico. A negação da Metafísica e de sua base especulativa sobre conhecer as causas íntimas dos fenômenos é um argumento decisivo de Comte para sustentar a noção de uma empresa científica ocupada com as relações invariáveis de sucessão e similitude e, assim, descobrir as leis efetivas dos fenômenos. A descoberta

Quando os elementos da cultura científica puderem ser "vivenciados" pelos estudantes, será possível avaliá-los e confrontá-los com outras formas de pensar e agir, típicas de outras culturas

As visões dos estudantes sobre Ciências e como agem os cientistas foram diagnosticadas por meio de uma dinâmica de discussões sobre o tema e registro de suas idéias por meio de textos escritos e desenhos

das leis efetivas se daria de acordo com a aplicação do método positivista que, por ser único e invariável, determinaria o *modus operandi* das ciências, independentemente de sua especialidade. A invariabilidade do método acabou por se cristalizar em espécie de receita a ser seguida em toda investigação científica (Oliveira, 2000) e, diríamos também, por aqueles que pretendem ensinar Ciências sob influência exclusiva do pensamento positivista.

Na crítica ao positivismo, dois pensadores são comumente destacados: Gaston Bachelard (1884-1962) e Karl Popper (1902-1994). Ambos são considerados representantes de linhas racionalistas de pensamento, porém bastante distintas. O

francês Bachelard, antes de se tornar professor de Filosofia da Ciência na universidade, lecionou Física e Química no nível secundário. Além de contribuições no campo da Epistemologia, esse erudito também discuti a influência da poética, do imaginário e do devaneio na formação do espírito científico. Popper radicou-se na Inglaterra desde a publicação de sua primeira obra - *A lógica da pesquisa científica* -, tendo sido inicialmente influenciado pelo pensamento lógico do Círculo de Viena. Sua vasta obra inclui também críticas contundentes ao marxismo e à psicanálise freudiana.

A noção de obstáculos epistemológicos é, talvez, a maior contribuição de Bachelard à Epistemologia. Parece-nos, no entanto, que a crítica ao pensamento positivista está mais enfaticamente ditada no *Novo Espírito Científico*, especialmente quando se observa a defesa da *Metafísica*, considerando-a a partir de sua dualidade: realista e racionalista. É com base nessa dualidade que se constrói a empresa científica, num movimento em que uma dá lugar à outra, no que se considera como verdadeira polarização epistemológica. Daí sua visão de Ciências ser

chamada de racionalismo dialético. Ao encontrar lugar para a dúvida científica, Bachelard também desmonta o argumento positivista de se chegar seguramente ao conhecimento verdadeiro pelo cumprimento das etapas do método, pois o espírito científico é também constituído pela dúvida?

Popper considerou as idéias refutacionistas, ao propor o falsacionismo como modelo para descrição do desenvolvimento da Ciência, segundo o qual o cientista busca, através da experimentação e de "pressões particularizadas" sobre a natureza, obter fatos que contestem teorias vigentes. Conformado com a impossibilidade de se poder provar uma teoria, para ele esta seria tão melhor quanto mais vezes ti-

vesse sido posta à prova, na tentativa infrutífera de ter sido refutada. O determinante de o que é científico está na possibilidade de ser testado e refutado, tomando o avanço científico um descartar de erros passados. Para o falsificacionista, o erro desempenha um papel importante na elaboração do conhecimento. Seria através da proposição de hipóteses sudorosas, passíveis de serem experimentalmente refutadas, que ocorreria o refinamento teórico, pois, ao se descobrir que a hipótese era falsa, poder-se-ia aprender muito sobre a verdade. O erro é, portanto, uma fonte de aprendizagem.

Dois outras contribuições originais para a Teoria do Conhecimento são devidas a Imre Lakatos (1922-1974) e Thomas Kuhn (1922-1996). Lakatos pondera que o cientista possui grande apego às teorias vigentes, evitando ao máximo rejeitá-las. Quando os dados experimentais discordam dos modelos propostos, o cientista não abandona imediatamente o modelo, mas, ao contrário, procura

modificá-lo, mediante uma nova construção, que denominou *cinto de proteção*, na qual são acrescentadas novas hipóteses auxiliares que, além de sofisticarem o modelo, contribuem para a manutenção do núcleo do programa de pesquisa. As refutações não são surpreendentes, pois suas possibilidades já foram previstas de antemão na construção de um primeiro modelo mais simples, cheio de aproximações corrigíveis ao longo dos ensaios. Há, porém, um núcleo do programa de pesquisa considerado irrefutável por decisão metodológica: são postulados tradicionalmente aceitos, sobre os quais não recae os testes, transformando os contra-exemplos em anomalias. Verifica-se, portanto, uma fragmentação, dentro de um programa de pesquisa, entre o que pode e o que não pode ser refutado.

Kuhn defende a existência de rupturas profundas no desenvolvimento das ciências. Para ele, a empresa científica se caracteriza por dois estágios com comportamentos científicos distintos: a Ciência normal e a Ciência revolucionária. Na primeira, os conceitos adotados por uma comunidade científica estão bem estabelecidos, e os modelos vigentes descrevem bem os fatos observáveis. Nesse período, os cientistas partilham consensualmente um conjunto de técnicas, métodos, objetos de estudo, princípios, leis, teorias e ferramentas culturais?, reconhecido como o *paradigma* dessa comunidade. Quando, porém, existem acúmulos de dados que contradizem o paradigma, surgem

pequenas e limitadas explicações paralelas para cada fato em particular, que posteriormente são somadas e pouco a pouco endossadas pela comunidade científica, até causarem uma crise no paradigma. É a fase revolucionária, na qual ocorre o avanço da Ciência. A contribuição de Kuhn localiza-se no campo da Sociologia da Ciência, pois o que se revela pelo seu pensamento é a visão consensualista sobre conhecimento científico,

Lakatos pondera que o cientista possui grande apego às teorias vigentes, evitando ao máximo rejeitá-las. Quando os dados experimentais discordam dos modelos propostos, o cientista não abandona imediatamente o modelo, mas, ao contrário, procura modificá-lo

Kuhn defende a existência de rupturas profundas no desenvolvimento das ciências. Para ele, a empresa científica se caracteriza por dois estágios: a Ciência normal e a Ciência revolucionária

segundo a qual o comportamento dos membros de uma comunidade é fator fortemente condicionante para entendermos a empresa científica.

### **Idéias dos alunos sobre Ciências e o fazer dos cientistas**

O levantamento de algumas concepções sobre Ciências e o agir científico foi realizado em uma escola particular paulistana, entre alunos na faixa etária de 15 a 18 anos. As concepções foram coletadas por meio de respostas escritas e desenhos de alunos voluntários, que o fizeram anonimamente, após a observação pelo pesquisador de algumas aulas de Física e Química e breves debates sobre o assunto.

Inicialmente, foi solicitado aos alunos que relacionassem todas as disciplinas de seu currículo, indicando aquelas de que gostavam, as de que não gostavam e as que dispensariam. Embora não tenha havido consenso, notando-se grande discrepância entre as preferências, pôde-se observar que o grau de aprovação de uma disciplina pelos alunos é largamente dependente da imagem do professor que a ministra. Justificativas como "não gosto porque o professor é chato", "eu não consigo prestar atenção naquela aula" e "o professor explica bem" foram amplamente utilizadas. Seguiu-se um debate entre os alunos e o pesquisador,

por meio de perguntas como: "Vocês acreditam que há, de fato, diferença entre as Ciências desenvolvidas por pessoas de vivências diferentes (como partido político e estado civil)?" Alguns disseram que não, pois o cientista é, em última instância, um empregado e trabalha conforme as necessidades do mercado.

Outros argumentaram que a postura do indivíduo indica um código pessoal de ética que não pode ser violado por seu trabalho científico.

Foi solicitado ao grupo de 15 alunos que respondesse, sem limite de

tempo e sem consultas aos colegas, da maneira mais completa possível, a seguinte questão: "Para que servem as expressões numéricas e as fórmulas usadas em Ciências?". Como exemplo, escreveu-se na lousa: " $F=ma$ ". Quando todos terminaram de responder, formulou-se outra questão: "A natureza obedece às leis das Ciências?" Por fim, pediu-se que escrevessem sobre "o que é Ciências".

Terminada essa etapa, foi apresentado o material a ser preenchido e devolvido dois dias mais tarde por algumas pessoas do grupo, constando de dois conjuntos de três folhas cada. Em um conjunto, havia a inscrição segunda-feira, quinta-feira e domingo, respectivamente. No outro, fizeram-se as indicações, quinta-feira 10:00, quinta-feira 16:00 e quinta-feira 23:00. Foi solicitada aos alunos voluntários que desenhassem as ações do cientista nesses dias ou horários, escrevendo no verso de cada folha o que desejavam representar. As datas e horários indicados no material foram propositalmente planejados para relacionar as atividades do cientista com os períodos do mundo do trabalho e, sobretudo o domingo e a quinta-feira 23:00, para indicar momentos de atividades pessoais do cientista, possivelmente fora de seu campo de atuação profissional, porém sem direcionar as respostas com uma fala explícita.

O Quadro 1 apresenta algumas das respostas características dos alunos às três questões, acompanhadas de possíveis interpretações, elaboradas a partir desses registros e da discussão que ocorreu

em sala de aula.

Embora correntes mais atuais entendam a Ciência como linguagem ou construção humana capaz de estabelecer relações de significado com o mundo, não exclusivamente natural, não se nota menção alguma à comunidade científica, predominando

visões reducionistas e escolarizadas nos registros dos alunos. Se, por um lado, este é o enfoque adotado pela maioria dos livros didáticos, por outro ele é sustentado pelos argumentos dogmáticos dos professores que, por vezes, resumem os conteúdos específicos de suas disciplinas a fórmulas e expressões numé-

ricas, sem as devidas contextualizações.

Uma outra influência determinante para moldar as visões de Ciências dos alunos é a dos veículos de comunicação, e mesmo de divulgação científica. A mídia televisiva não especializada deve exercer maior influência, devido à sua difusão por todos os estratos sociais. Certamente, há muitos aspectos da produção que diferenciam os programas de televisão entre si; no entanto, o que prevalece nessa forma de divulgação científica é o apelo ao espetáculo sensibilizador das emoções, e pouca atenção se dá ao processo de produção científica. É sob essa ótica que devemos observar as representações gráficas dos alunos sobre o cientista e seu agir, com algumas possíveis interpretações, que são apresentadas no Quadro 2.

Em todas as representações, observa-se um cientista do sexo masculino, solitário e interagindo somente com seu mundo. Nas únicas cenas em que se representam outras pessoas, elas são vistas como objetos: tanto o homem como cobaia, como a mulher na foto de parede. Representativa disto é a figura do domingo no primeiro conjunto, na qual o cientista está isolado e perdido no papel vazio. Nota-

*Pôde-se observar que o grau de aprovação de uma disciplina pelos alunos é largamente dependente da imagem do professor que a ministra. Justificativas como "não gosto porque o professor é chato", "eu não consigo prestar atenção naquela aula" e "o professor explica bem" foram amplamente utilizadas*

*Em todas as representações gráficas dos alunos, observa-se um cientista do sexo masculino, solitário e interagindo somente com seu mundo. Nas únicas cenas em que se representam outras pessoas, elas são vistas como objetos: tanto o homem como cobaia, como a mulher na foto de parede*

Quadro 1: Respostas dos alunos às questões e as respectivas interpretações.

Para que servem as expressões numéricas e fórmulas usadas em Ciências?	<p>"Eles fizeram essas fórmulas para chegarmos a um resultado mais facilmente", "para resolução de cálculos e de problemas"</p> <p>"Servem para passar os valores de uma substância para uma simples folha de papel"</p> <p>"Foram criados para que o homem tivesse uma base de cálculo, já que tudo segue um padrão"</p> <p>"Para passar no vestibular"</p> <p>"Não, mas não sei bem porque. Por exemplo, quando uma fruta cai da árvore está obedecendo à lei da gravidade, mas na natureza tudo é muito imprevisível"</p>	<p>Visão pragmática. Os problemas são de livros e os resultados são previamente esperados</p> <p>Representação da realidade, com aparente intuito de registrar dados</p> <p>Busca de uma linguagem neutra, capaz de descrever objetivamente uma realidade já dada</p> <p>Pressão do período e do docente</p> <p>O modelo intrínseco é que a natureza deveria obedecer à lei científica, mas ela não se comporta como deveria</p>
A natureza obedece às leis das Ciências?	<p>"As leis é que exemplificam os fenômenos e os descrevem", "não, porque essas fórmulas foram criadas em cima desses fenômenos"</p> <p>"Sim, a menos que sofram alguma influência que altere seu padrão natural..., a influência de outras forças, como a radiação, altera o padrão e os nascimentos ocorrem com falhas genéticas"</p> <p>"É uma maneira de desenvolvimento do estudo e da análise de tudo que se encontra ao nosso redor: a natureza. É uma maneira de se raciocinar e chegar à lógica de tudo que nos cerca"</p>	<p>Noção das Ciências como elaborações humanas para descrever fenômenos e que faz uso de uma lógica de preexistência da natureza a essas elaborações</p> <p>Existência de uma ordem natural já dada, que é acessível à razão humana, com possibilidade de previsão de eventos futuros</p> <p>Visão analítica da natureza com base em racionalidade própria, capaz de entender a lógica intrínseca de seu funcionamento</p>
O que é Ciências?	<p>"É a matéria que estuda tudo"</p> <p>"É tudo o que ocorre em nós mesmos e ao nosso redor: esta folha é Ciência (contém moléculas)"</p> <p>"É a matéria (...) nascida com o ser humano, na sua capacidade de analisar, compreender e criticar o mundo que o rodeia em busca de uma resposta"</p>	<p>Visão escolar e generalista</p> <p>Visão realista e reducionista dos objetos de estudo aos modelos e interpretações próprias da Ciência</p> <p>Visão problematizada de uma possível construção humana que permite estabelecer relações com o mundo</p>

15

se a preponderância do caráter experimental dado ao agir do cientista, desconsiderando, aparentemente, a troca de informações entre os pares, as elaborações teóricas e as próprias ciências não experimentais. Há uma flagrante ausência de menção às comunidades científicas como foro de troca de idéias e de legitimação do conhecimento. A única referência a elementos de identidade das comunidades científicas limita-se a uma gravura, na qual aparece a revista de divulgação "Globo Ciência".

### Contribuições para o ensino de Ciência

Qual é a necessidade de se desenvolverem noções sobre os processos de construção de conhecimento da cultura científica em atividades de ensino de Ciências, tendo em vista as demandas atuais da educação básica?

Pesquisas sobre as influências do pensamento científico na formação de professores (Borges, 1996) e sobre as imagens de ciências de estudantes (Driver et al., 1997) têm contribuído para essa discussão. A primeira, ao

considerar os professores e sua formação, nos informa sobre como pode ocorrer a aproximação das teorias de conhecimento e dos programas de formação inicial ou continuada de professores. É preciso nos perguntarmos se a inclusão dessa temática no ementário de disciplinas de graduação ou de cursos de especialização é condição necessária, ou mesmo suficiente, para que se observem alterações das práticas de sala de aula desses professores. Já Driver et al. (1997) admitem, com base em extenso estudo empírico



Quadro 2: Representações dos alunos sobre o cientista e seu agir, com as respectivas interpretações.

Cada linha corresponde a um aluno, sendo as duas primeiras referentes aos diferentes dias e as demais referentes aos diferentes horários.



Apresenta um cientista futurista, com comportamento excêntrico e cercado por grandes inventos, como o novo sistema de estacionamento, ou por objetos de uma sociedade de consumo, como a máquina de Coca-Cola. Seu cabelo característico pode indicar um homem desapegado aos valores de seu tempo, sem se preocupar com aspectos estéticos. A realidade do cientista é o maior agente de transformação de seu meio e tempo. Praticamente não sofre influências externas, o que é denunciado pelo vazio de relações e a alienação do mundo em seu dia livre.



O cientista possui, aparentemente, atitudes e experimentos menos exóticos. Todavia, a velocidade de experimentação e da "descoberta" é muito maior que a normal, de modo que ele começa um novo experimento (conforme detalhado pelo aluno no verso do desenho) na segunda-feira e na quinta-feira já está premiado. A descoberta refere-se a um novo medicamento, o que revela uma aplicação social de sua pesquisa. Sua premiação é o suposto reconhecimento da sociedade pelo seu invento, ainda que só o premiado seja digno de registro. Nas horas livres, descansa solitário.



Exibe um cientista tipo "bonachão" (explode o laboratório) e pouco preocupado com sua aparência, usando roupas curtas ou engraçadas. Parece popularizar a tradicional foto de Einstein, com o cabelo em pé e a língua de fora, sendo difícil identificar se a foto gerou essa imagem de cientista, ou se ela se popularizou por mostrar um cientista em conformidade com o inconsciente das pessoas. Apesar de acordar tarde (10:00), o cientista passa o dia inteiro voltado à sua ciência, tendo como literatura doméstica a revista "Globo Ciência". É também um solitário.

Quadro 2 (cont.).



Contém uma visão da cientista do tipo "trabalhador", que pensa na sua ciência desde o acordar até o dormir ou, talvez, até no sonhar. Porém, observa-se outro tipo de ação, óbvia, para o seu cotidiano: há uma mesa com frutas demonstrando que o cientista possui as mesmas necessidades (e, portanto, gostos próprios) que as demais pessoas.



Coloca um cientista aparentemente drogado, ou viciado, conforme se observa nos rótulos das garrafas e nas injeções. Descontado o caráter deletério atribuído às substâncias químicas, nota-se uma pessoa com gostos musicais, como Bob Marley, e com ideologias influenciadas por um mundo à parte das ciências, a cultura rastafari. Tais ideologias tentam influenciar diretamente sua atuação profissional, conduzindo-o ao estudo de narcóticos, cujo acesso é restrito aos cientistas. O clímax desse conjunto se dá na morte do cientista, mostrando como última identificação do personagem a inscrição lapidária "cientista maluco", ou seja, o indivíduo é identificado na sua ação profissional por aqueles que o sepultaram.

O desconhecimento sobre como pensam e agem os cientistas impede a aproximação dos alunos da cultura científica.

Consequência imediata desse impedimento é a tentativa de transferência crítica dos valores prezados pela cultura científica para os estudantes

e revisão da literatura, que o conhecimento sobre a natureza das Ciências sustenta a aprendizagem em Ciências, contribui para a utilização do conhecimento científico ao longo da vida e aguça nos estudantes a percepção so-

bre Ciências como atividade humana.

Para contribuir nessa discussão, recuperamos as três perspectivas discutidas na introdução, a epistemológica, a ideológica e a educacional, para realinhar, com base no conjunto de dados que apresentamos acima, que o desconhecimento sobre como pensam e agem os cientistas impede a aproximação dos alunos da cultura científica. Consequência imediata desse impedimento é a tentativa de transferência crítica dos valores prezados pela cultura científica para os estudantes - como, por exemplo, conceitos, procedimentos, regras para validação de modelos - sem que lhes seja dada a oportunidade de vivenciar, com base na necessária transposição já mencionada, formas de agir e pensar

típicas das Ciências.

Parecem-nos insuficientes as tentativas de incorporar os elementos da Ciência contemporânea considerando tão somente a frágil noção de interdisciplinaridade, que nos são apresentadas nos documentos oficiais (Brasil, 2000, p. 8). Para compreender os fenômenos em sua complexidade, é necessário admitir que eles são forjados em meio a um caldo cultural, onde valores éticos, econômicos, políticos e científicos são muitas vezes conflitantes. A sala de aula de Ciências deve considerar esses conflitos, mas não pode ser esvaziada das práticas inspiradas na cultura científica, pois são elas que nos qualificam como profissionais da Educação a dialogar com nossos estudantes, por meio de ferramentas

culturais próprias da Ciência.

As dificuldades de entendimento dos fenômenos tratados nas salas de aula de Ciências, e mesmo a ausência de motivação para estudá-los, podem ser atribuídas, em parte, ao desconhecimento das teorias sobre o funcionamento da Ciência, tanto por parte dos professores como dos estudantes. Tal desconhecimento ajuda a explicar a não exploração nas práticas de sala de aula dos elementos mediadores entre o mundo e a forma como o representamos, que caracterizam a cultura científica como construção humana e, por conseguinte, explicam a desconsideração por essas práticas dos aspectos social e histórico que são típicos das relações que se estabelecem no interior das comunidades científicas.

Nossa intenção aqui é defender que as ações em sala de aula sejam mediadas por um conjunto de ferramentas culturais típicas das Ciências, desde que convenientemente desenvolvidas e adaptadas para os ambientes de ensino-aprendizagem, pois elas servem de suporte tanto para o fortalecimento de comunidades escolares, como para a elaboração de significados compartilhados pelos seus membros. Longe de sugerir uma nova norma sobre como tratar essa temática na sala de aula, apresentamos alguns resultados que indicam uma baixa compreensão dos estudantes sobre como se organizam a empresa científica e suas comunidades. Somente pesquisas mais intensas e dedicadas

a avaliar as conseqüências dessa aproximação poderão suscitar respostas sobre se devemos considerar as noções sobre o funcionamento das Ciências nos programas de ensino de Ciências e quanto essa aproximação pode contribuir para a realização dos projetos educacionais das escolas.

#### Agradecimentos.

À Fapesp, pela bolsa de estudos de UK, e ao professor Amaury Cesar de Moraes, pelas frutíferas discussões e sugestões.

#### Notas

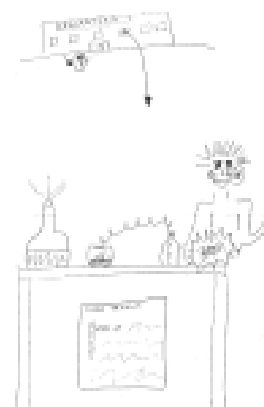
1. É na mediação didática que se realizam as devidas adequações da cultura científica na sala de aula. Trata-se de investir em situações de problematização do mundo real e saber simular, ou mesmo evitar, os procedimentos do mundo das Ciências, inatingíveis na sala de aula.

2. Quando se trata de Bachelard, é comum encontrar as adjectivações *noturno* ou *diurno*. Em um primeiro momento, ele procurou fazer a peicnálise do imaginário científico, racionalizando as imagens proporcionadas pelos quatro elementos (fogo, água, terra e ar). Na seqüência de sua obra, porém, ele compreendeu que isso não

seria possível, dividindo-a então em duas abordagens: a "diurna", dedicada à Epistemologia das Ciências Físicas, e a "noturna", voltada para a fenomenologia das imagens.

3. O termo "ferramentas culturais" não é devido a Kuhn e refere-se aqui aos elementos de identidade de uma comunidade, como publicações, encontros e mesmo narrativas históricas, cuja função é mediar as relações entre os membros dessa comunidade.

**Luiz Novinsky** bacharel e licenciado em Química, é mestre e doutorando em Ciências pela USP. **Marcos Giordan** (giordan@usp.br), bacharel em Química e doutor em Ciências pela Unicamp, é professor da Faculdade de Educação da USP em São Paulo.



#### Referências bibliográficas

- BRASIL. Parâmetros curriculares nacionais de Ensino Médio. Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. 2000.
- BORGES, R.M.R. Em debate: cientificidade e educação em Ciências. Porto Alegre: GEDRS, 1996.
- DRIVER, R.; LEACH, J.; MILLAR, R. e SCOTT, P. Young people's images of science. Buckingham: Open University

Press, 1997.

FERREIRA. A.B.H. Novo dicionário Aurélio. 2ª ed. São Paulo: Nova Fronteira, 1986.

OLIVEIRA. J. R. da. A escola e o Ensino de Ciências. São Leopoldo, Ed. UNISINOS, 2000. p. 57.

#### Para saber mais

Para ter acesso aos principais textos dos filósofos da ciência aqui discutidos, re-

comenda-se a coleção Os pensadores da Editora Abril Cultural.

Pode-se ler uma boa Introdução às teorias de conhecimento pela leitura do livro de John Losee, *Introdução histórica à Filosofia da Ciência* (Lisboa: Terramar, 1998). Outro texto introdutório ao estudo das teorias sobre o pensamento científico é o de Alan Chalmers, *O que é Ciência afinal?* (São Paulo: Brasiliense, 1993).

**Abstract:** Views on Science and on the Scientist among High-School Students – Conceptions about sciences and the acts of scientists were investigated through the application of a survey to high-school students and through drawing on the scientists' daily activities. Some formal conceptions about sciences are presented from the ideas of theorists on the epistemology of sciences. The necessity of introducing elements of scientific culture into the classrooms: so as to enhance science teaching based on epistemological, ideological and methodological arguments is upheld.

**Keywords:** conceptions on sciences, epistemology, classroom

**ANEXO 11**

---

Plano de ensino da professora regente

UNIDADE ESCOLAR: Colégio Estadual Maria José de Lima Silveira

ÁREA DO CONHECIMENTO Ciências Naturais e Exatas e suas tecnologias

DOCENTE: Elizângela Teixeira dos Santos Moreira

DISCIPLINA: Biologia

SÉRIE: 3º ano

Ano Letivo 2012 Bimestres	O que os alunos precisam conhecer e saber fazer ao longo do ano letivo (conhecimentos, habilidades, nexos interdisciplinares, materiais didáticos, avaliação)				Procedimentos de Avaliação do aluno
	Conteúdos	Habilidades	Interfaces	Materiais didáticos e recursos pedagógicos	
<b>Primeiro bimestre</b>	<p>Primeiras idéias sobre hereditariedade</p> <p>As bases da hereditariedade</p> <p>Descoberta dos cromossomos e das divisões celulares</p> <p>A importância de Mendel para a Genética</p> <p>A universidade da primeira lei de Mendel</p> <p>Os conceitos de genótipo e fenótipo</p> <p>Interação entre alelos de um mesmo gene</p> <p>Variação na expressão dos genes</p> <p>Herança de grupos sanguíneos na espécie humana</p> <p>A teoria das probabilidades aplicada à Genética</p>	<p>Apresentar a Genética como a área da Biologia que estuda a hereditariedade.</p> <p>Apresentar o desenvolvimento das ideias científicas sobre a herança biológica ao longo da história.</p> <p>Compreender as bases da herança biológica.</p> <p>Diferenciar os conceitos de fenótipo e genótipo.</p> <p>Compreender o conceito de dominância e as possibilidades de interação diferencial entre alelos.</p> <p>Apresentar os mecanismos mais conhecidos de expressão gênica.</p> <p>Apresentar o sistema de determinação genética do tipo sanguíneo humano – sistema ABO e Rh.</p> <p>Compreender os princípios envolvidos na incompatibilidade entre certos grupos.</p>	<p><b>Simulador:</b> <i>Cruzamento de ervilhas</i></p> <p><i>Simulando a transmissão de algumas características humanas</i></p> <p>Quadro de <i>Ciência e Cidadania</i> do livro-texto com o assunto: <i>Sistema ABO e transfusão sanguíneas.</i></p>	<p>Quadro branco</p> <p>Pincel</p> <p>Papel madeira</p> <p>Material necessário para aulas práticas</p> <p>Textos</p> <p>Retroprojeter</p> <p>Lista de exercícios</p> <p>Filmes didáticos</p> <p>Seminários</p> <p>Aula de campo</p> <p>TV</p> <p>Livro didático</p> <p>Revistas</p> <p>O que ocorrer</p>	<p>Questões para pensar e discutir</p> <p>Questões de vestibulares</p> <p>Prova escrita</p> <p>Participação em aula</p> <p>Frequência</p> <p>Atividade prática</p> <p>Apresentação dos trabalhos</p> <p>Pontualidade na entrega dos trabalhos</p>

UNIDADE ESCOLAR: Colégio Estadual Maria José de Lima Silveira

ÁREA DO CONHECIMENTO Ciências Naturais e Exatas e suas tecnologias

DOCENTE: Elizângela Teixeira dos Santos Moreira

DISCIPLINA: Biologia

SÉRIE: 3º ano

Ano Letivo 2012 Bimestres	O que os alunos precisam conhecer e saber fazer ao longo do ano letivo (conhecimentos, habilidades, nexos interdisciplinares, materiais didáticos, avaliação)				Procedimentos de Avaliação do aluno
	Conteúdos	Habilidades	Interfaces	Materiais didáticos e recursos pedagógicos	
<b>Segundo bimestre</b>	<p>Mendel e a descoberta da segregação independente</p> <p>A teoria cromossômica da herança</p> <p>Interações entre genes com segregação independente</p> <p>A determinação do sexo</p> <p>Herança e sexo</p> <p>Ligação gênica e mapeamento cromossômico</p> <p>Como se expressam os genes</p> <p>Melhoramento genético</p> <p>Aconselhamento genético</p> <p>A Genética molecular e suas aplicações</p> <p>Desenvolvimento do genoma humano</p>	<p>Apresentar os experimentos realizados por Gregor Mendel que originaram a dedução da segregação independente.</p> <p>Compreender a teoria cromossômica da herança, relacionando a segregação gênica à segregação dos cromossomos meióticos.</p> <p>Conhecer as condições que tornam inválida a Lei da segregação independente.</p> <p>Relacionar a constituição cromossômica, o indivíduo e a sua determinação sexual.</p> <p>Compreender os padrões de herança ligada ao sexo.</p> <p>Conhecer o conceito de ligação e suas implicações.</p> <p>Compreender o mecanismo da expressão gênica.</p> <p>Caracterizar o melhoramento genético e sua importância econômica.</p> <p>Apresentar o Projeto Genoma Humano e seus desdobramentos atuais.</p> <p>Compreender a importância do aconselhamento genético como instrumento de diagnóstico e prevenção de doenças hereditárias</p>	<p>Exposição do conteúdo</p> <p><b>Animações:</b> <i>Genética na atualidade;</i> <i>Duplicação do DNA;</i> <i>Transgênicos.</i></p> <p>Simulando uma técnica para identificar pessoas pelo DNA</p>	<p>Quadro branco</p> <p>Pincel</p> <p>Papel madeira</p> <p>Material necessário para aulas práticas</p> <p>Textos</p> <p>Retroprojektor</p> <p>Lista de exercícios</p> <p>Filmes didáticos</p> <p>Seminários</p> <p>Aula de campo</p> <p>TV</p> <p>Livro didático</p> <p>Revistas</p> <p>O que ocorrer</p>	<p>Questões para pensar e discutir</p> <p>Questões de vestibulares</p> <p>Prova escrita</p> <p>Participação em aula</p> <p>Frequência</p> <p>Atividade prática</p> <p>Apresentação dos trabalhos</p> <p>Pontualidade na entrega dos trabalhos</p>

UNIDADE ESCOLAR: Colégio Estadual Maria José de Lima Silveira

ÁREA DO CONHECIMENTO Ciências Naturais e Exatas e suas tecnologias

DOCENTE: Elizângela Teixeira dos Santos Moreira

DISCIPLINA: Biologia

SÉRIE: 3º ano

Ano Letivo 2012 Bimestres	O que os alunos precisam conhecer e saber fazer ao longo do ano letivo (conhecimentos, habilidades, nexos interdisciplinares, materiais didáticos, avaliação)				Procedimentos de Avaliação do aluno
	Conteúdos	Habilidades	Interfaces	Materiais didáticos e recursos pedagógicos	
<b>Terceiro bimestre</b>	<p>O pensamento evolucionista</p> <p>Evidências da evolução biológica</p> <p>Principais fatores evolutivos</p> <p>Bases genéticas da evolução</p> <p>Processo evolutivo e diversificação da vida</p> <p>Origem dos grandes grupos de seres vivos</p> <p>Evolução humana</p>	<p>Apresentar a construção da teoria do processo evolutivo através da história.</p> <p>Compreender o conceito de seleção natural.</p> <p>Apresentar as evidências que sustentem a teoria da evolução biológica.</p> <p>Caracterizar mutação e recombinação gênica como os principais fatores responsáveis pela evolução.</p> <p>Compreender a ação da seleção natural sobre a variabilidade genética das populações.</p> <p>Relacionar a adaptação evolutiva das espécies à ação da seleção natural.</p> <p>Conceituar população mendeliana.</p> <p>Apresentar mecanismos que podem alterar a frequência gênica das populações.</p> <p>Reconhecer a cladogênese e anagênese como os principais processos de diversificação da vida.</p> <p>Compreender os mecanismos e a importância do processo de especiação no surgimento de novas espécies.</p> <p>Apresentar a história geológica da Terra, os principais eventos biológicos de cada período.</p> <p>Apresentar as principais evidências que relacionam evolutivamente o ser humano aos seus ancestrais primatas.</p>	<p><b>Animações:</b> <i>Fundamentos da evolução biológica: adaptações</i> reportagem da revista: <i>Scientific American</i> <i>Evolução contra o criacionismo.</i></p> <p><b>Animações:</b> <i>Camuflagem e adaptação;</i> <i>Fundamentos da evolução biológica: adaptação.</i></p> <p><b>Animações:</b> <i>Especiação;</i> <i>Origem da vida.</i></p> <p>reportagem da revista: <i>Scientific American</i> <i>Fósseis de ancestrais humanos.</i></p>	<p>Quadro branco</p> <p>Pincel</p> <p>Papel madeira</p> <p>Material necessário para aulas práticas</p> <p>Textos</p> <p>Retroprojeter</p> <p>Lista de exercícios</p> <p>Filmes didáticos</p> <p>Seminários</p> <p>Aula de campo</p> <p>TV</p> <p>Livro didático</p> <p>Revistas</p> <p>O que ocorrer</p>	<p>Questões para pensar e discutir</p> <p>Questões de vestibulares</p> <p>Prova escrita</p> <p>Participação em aula</p> <p>Frequência</p> <p>Atividade prática</p> <p>Apresentação dos trabalhos</p> <p>Pontualidade na entrega dos trabalhos</p>

UNIDADE ESCOLAR: Colégio Estadual Maria José de Lima Silveira

ÁREA DO CONHECIMENTO Ciências Naturais e Exatas e suas tecnologias

DOCENTE: Elizângela Teixeira dos Santos Moreira

DISCIPLINA: Biologia

SÉRIE: 3º ano

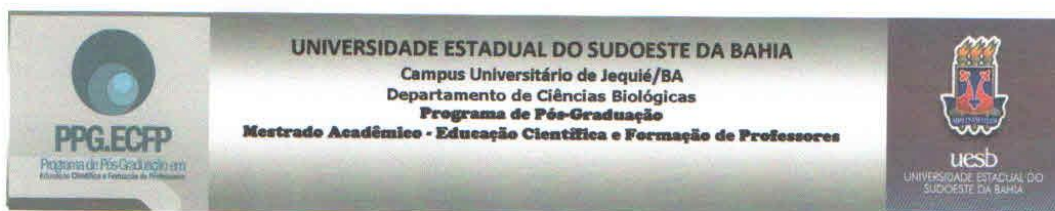
Ano Letivo 2012	O que os alunos precisam conhecer e saber fazer ao longo do ano letivo (conhecimentos, habilidades, nexos interdisciplinares, materiais didáticos, avaliação)				Procedimentos de Avaliação do aluno
	Conteúdos	Habilidades	Interfaces	Materiais didáticos e recursos pedagógicos	
Bimestres					
Quarto bimestre	<p>conceitos básicos em Ecologia</p> <p>Teias e cadeias alimentares</p> <p>Fluxo de energia e níveis tróficos</p> <p>Ciclos biogeoquímicos</p> <p>Características das populações</p> <p>Fatores que regulam o tamanho das populações biológicas</p> <p>Relações ecológicas intraespecíficas</p> <p>Relações ecológicas interespecíficas</p> <p>Sucessão ecológica</p> <p>Fatores que afetam os ecossistemas</p> <p>Grandes biomas do mundo</p> <p>Domínios morfoclimáticos e principais biomas brasileiros</p> <p>Ecossistemas aquáticos</p> <p>Poluição ambiental</p> <p>Interferência humana em ecossistemas naturais</p> <p>Caminhos e perspectivas</p>	<p>Definir os principais conceitos ecológicos.</p> <p>Caracterizar as cadeias e teias alimentares.</p> <p>Compreender a transferência energética ao longo das cadeias alimentares.</p> <p>Compreender a estrutura cíclica da transformação de componentes orgânicos e inorgânicos através do ecossistema e suas implicações ecológicas.</p> <p>Apresentar elementos quantitativos de caracterização das populações.</p> <p>Compreender os mecanismos responsáveis pelo aumento ou declínio das populações.</p> <p>Caracterizar as principais relações intraespecíficas e sua importância ecológica.</p> <p>Caracterizar as principais relações interespecíficas e sua importância ecológica</p> <p>Conceituar sucessão ecológica, através da apresentação de seus estágios característicos.</p> <p>Relacionar o desenvolvimento de uma comunidade às características físico-químicas do ambiente.</p> <p>Caracterizar e localizar geograficamente os principais biomas do mundo.</p> <p>Caracterizar e localizar geograficamente os principais biomas brasileiros e os ecossistemas aquáticos.</p> <p>Apresentar as principais formas de poluição ambiental.</p> <p>Apresentar as principais interferências antrópicas nos ecossistemas e refletir sobre suas consequências ecológicas.</p> <p>Conhecer os principais desafios na busca de uma exploração sustentável da natureza.</p>	<p>Quadro de <i>Ciência e Cidadania</i> do livro-texto com o assunto: <i>A camada de ozônio que protege a Terra.</i></p> <p><b>Animação:</b> <i>Cadeia alimentar e ciclos de alimentos.</i></p> <p><b>Pesquisa e debate:</b> O petróleo vai mesmo acabar?</p> <p>Quadro de <i>Ciência e Cidadania</i> do livro-texto com o assunto: <i>Quando o crescimento da população humana vai parar?</i></p> <p><b>Animação:</b> <i>Interações ecológicas</i></p> <p><b>Animações:</b> <i>Biomas da Terra;</i> <i>Biomas brasileiros.</i></p> <p><b>Reportagem:</b> <i>O ensino do desenvolvimento sustentável para as novas gerações.</i></p>	<p>Quadro branco</p> <p>Pincel</p> <p>Papel madeira</p> <p>Material necessário para aulas práticas</p> <p>Textos</p> <p>Retroprojetor</p> <p>Lista de exercícios</p> <p>Filmes didáticos</p> <p>Seminários</p> <p>Aula de campo</p> <p>TV</p> <p>Livro didático</p> <p>Revistas</p> <p>O que ocorrer</p>	<p>Questões para pensar e discutir</p> <p>Questões de vestibulares</p> <p>Prova escrita</p> <p>Participação em aula</p> <p>Frequência</p> <p>Atividade prática</p> <p>Apresentação dos trabalhos</p> <p>Pontualidade na entrega dos trabalhos</p>



## **ANEXO 12**

---

Atividade Avaliativa: Resenha crítica produzida pelos estudantes.



Colégio Estadual Maria José de Lima Silveira

Disciplina: Biologia

Data: 30/06/12

Professora: Grasielle Sousa

Aluno(a): Luiz Oliveira

#### Atividade Avaliativa

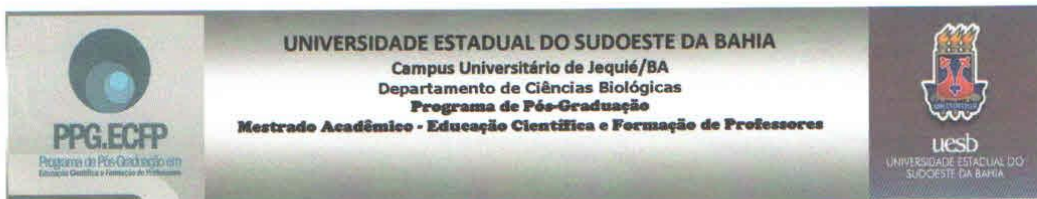
1. Com base na leitura e interpretação do texto "Aplicações da genética, riscos e promessas" e nos seus conhecimentos, faça um breve comentário sobre as aplicações da genética na nossa sociedade.

O texto fala sobre o uso da genética na nossa sociedade. Trás informações sobre alguns benefícios da genética para os seres humanos e para a natureza. É bem verdade que a aplicação dessa ciência está hoje em vários campos, da agricultura à saúde humana, como por exemplo os plantas transgênicas que tem maior produtividade e resistência a pragas, doenças, estresse ambientais, produção de bio-combustíveis, tratamentos de doenças, testes de DNA, etc.

Como trouxe muitos benefícios para a sociedade a ciência genética também trás alguns efeitos negativos: Os OGMs lançados na natureza pode produzir efeitos incontrolláveis e desconhecidos, podendo causar malefícios a todos nós. Também pode-se utilizar a genética para produzir bombas biológicas que contaminam e mata toda população humana.

Como diz o texto, a genética pode trazer muitos benefícios mas também riscos para os seres humanos e a natureza.

Porém devemos sempre mais conhecer e aprender sobre a ciência para que possamos escolher se queremos ou não fazer uso dos produtos feitos por essa ciência. Se a gente não souber sobre o que é feito pela ciência, nós ~~podemos~~ poderemos usar seus produtos, mesmo que nos façam mal, sem saber. Em fim, devemos sempre estudar a ciência para podermos escolher o que a gente vai querer usar dela.



Colégio Estadual Maria José de Lima Silveira

Disciplina: Biologia

Data: 30/06/12

Professora: Grasielle Sousa

Aluno(a): Jarotus Gomes

#### Atividade Avaliativa

1. Com base na leitura e interpretação do texto "Aplicações da genética, riscos e promessas" e nos seus conhecimentos, faça um breve comentário sobre as aplicações da genética na nossa sociedade.

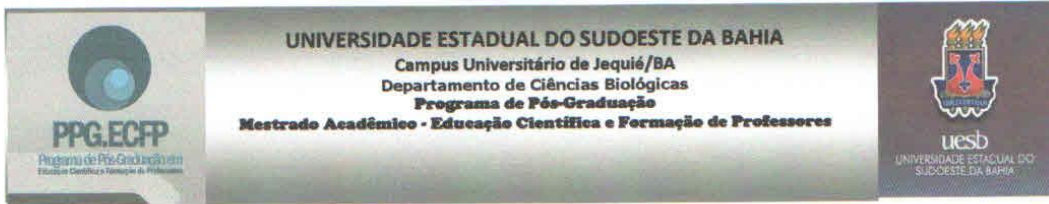
O texto fala das aplicações da genética, riscos e promessas. A genética foi iniciada pelos estudos de Mendel, a muitos anos atrás, mas foi nos tempos atuais que se conseguiu obter maiores conhecimentos sobre essa ciência.

O que se constata hoje é que o progresso da genética e o advento da engenharia genética já permitem aplicações significativas, quando não apenas benéficas, mas também colocando em discussão questões importantes sobre ética e segurança.

A genética e a ciência trouxe contribuições importantes no melhoramento de plantas e animais, no saúde e no meio ambiente, mas também pode contribuir para gerar graves problemas aos seres vivos, principalmente aos seres humanos e ao meio ambiente.

Muitas pessoas não sabem nada sobre a genética, nem dos benefícios nem dos riscos que ela pode causar ao mundo. Por isso é importante que a sociedade aprenda sobre as aplicações da genética, riscos e promessas para poderem usar os benefícios trazidos pela genética e não utilizar os produtos construídos por ela que fazem mal a saúde e ao meio ambiente, como por exemplo os OGMs.

Em fim devemos construir o nosso pensamento crítico em relação a ciência, a genética e em tudo na vida, pois no fim a gente vai decidir sobre o que queremos e não aceitar o que é imposto pela ciência.



Colégio Estadual Maria José de Lima Silveira

Disciplina: Biologia

Data: 30/06/12

Professora: Grasielle Sousa

Aluno(a): Gideane Silva de Jesus

### Atividade Avaliativa

1. Com base na leitura e interpretação do texto "Aplicações da genética, riscos e promessas" e nos seus conhecimentos, faça um breve comentário sobre as aplicações da genética na nossa sociedade.

A genética é a ciência que estuda a hereditariedade. Essa ciência nos proporcionou vários benefícios: diagnósticos de doenças, tratamento médico, produção de plantas transgênicas que são mais produtivas, fabricação de biocombustíveis, ajuda a solucionar crimes, fez testes de DNA, entre outros.

Com o desenvolvimento da ciência, tecnologia e da genética, hoje em dia nós podemos saber mais sobre o nosso DNA, sobre as doenças, sobre os animais e o meu ambiente. Também melhorou a nossa vida, trazendo muitos benefícios. Como o texto fala a genética trouxe tratamentos importantes para cura de doenças e melhoria da nossa saúde, como o uso das células-tronco para curar doenças, produção da insulina para diabéticos, cura de câncer, etc.

Mas, como tudo na nossa vida, a ciência e a genética tem o lado bom e o ruim. Trás coisas positivas e negativas para nós e para o nosso mundo. Dessa forma nós e toda a sociedade devemos conhecer os dois lados da ciência e da genética para sabermos escolher o que podemos e queremos usar deles. Devemos olhar a genética criticamente sabendo que tem os prós e os contras. Assim a gente vai poder decidir se usa ou não a genética.

## **ANEXO 13**

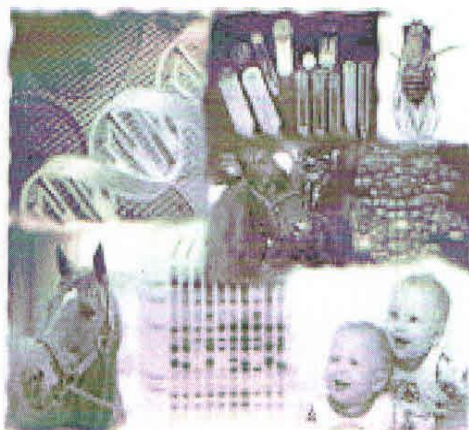
---

Atividade Avaliativa: “Jornal da Ciência” produzido pelos estudantes.

## Ciência Genética

### Genética

Do grego *genno*, fazer nascer é a ciência dos genes da hereditariedade e da variação dos organismos. Ramo da Biologia que estuda a forma como se transmitem as características biológicas de geração para geração. O Termo *genética* foi primeiramente aplicado para descrever o estudo da variação e hereditariedade, pelo cientista William Bateson numa carta dirigida a Adam Sedgewick, da data de 18 de abril de 1908.



## Genética clássica

A genética clássica consiste nas técnicas e métodos da genética, anteriores ao advento da Biologia molecular. Depois da descoberta do código genético e de ferramentas de clonagem utilizando enzimas de restrição, os temas abertos á investigação científica em genética sofreram um aumento considerável . Algumas ideias da genética clássica foram abandonadas ou modificadas devido ao aumento de cada conhecimento trazido por descobertas de índole molecular, embora algumas ideias ainda permaneçam intactas, como a hereditariedade mendeliana. O estudo dos padrões de hereditariedade continuam ainda a ser uma ferramenta útil no estudo de doenças genéticas, como a Neurofibromatose.

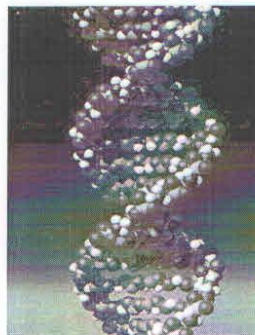
## Aplicações da genética

### Prevenção

Aconselhamento genético e tratamento de doenças como asma, e câncer.  
A terapia genética permite substituir genes doentes por genes sãos, ou mesmo eliminar os genes doentes.

Optimização do bem-estar e sobrevivência do indivíduo.  
Intervenções terapêuticas definidas de acordo com o perfil genético do doente, o que faz com que a probabilidade de sucesso de tratamento seja maior.  
As aplicações acima descritas fazem parte da genética médica outras utilizações da genética humana estão relacionadas à medicina legal e criminologia, a saber: reconhecimento de tecidos, reconhecimento de identidade através de características genéticas em especial as impressões digitais (dactiloscopia) e o exame de DNA seja para identificação de paternidade, de vítimas de sinistros ou de potenciais homicidas.

Tão importantes para humanidade quanto a genética médica são as aplicações dessa ciência ao melhoramento animal e vegetal. Sabemos que a genética praticamente se iniciou com a domesticação de animais (fase pré-científica) e com os estudos de genética vegetal de Mendel contudo vivemos um impasse ainda não bem dimensionado pela comunidade científica que é a produção de Organismos Geneticamente Modificados ou Transgênicos, cujo impacto sobre o meio ambiente e mesmo sobre as estabilidade do DNA ainda não é de todo conhecida.





Outra aplicação dessa ciência vem de sua associação à epidemiologia (epidemiologia genética) e toxicologia (tóxico-genética e radiogenética) na medida em que produzem estratégias de identificar os agentes mutagênicos, teratogênicos ou carcinogênicos que ameaçam a saúde das comunidades humanas e integridade dos ecossistemas.

Talvez Mendel não acreditasse no grau de avanço que os estudos de genética, que começaram com os seus experimentos com ervilhas, alcançariam no início do século XXI. De lá pra cá, definiram-se os cromossomos, o DNA e sua estrutura, descobriu-se o código genético, chegou-se à clonagem e ao seqüenciamento de genomas (informações hereditárias de um organismo encontradas em seu DNA). As aplicações dessa ciência estão hoje em vários campos, da agricultura à saúde humana, mas ainda há muitas promessas a cumprir.

Em visita ao Brasil no mês passado, para um simpósio na Universidade de São Paulo (USP), Eric Green, diretor do Instituto Nacional de Pesquisa do Genoma Humano, dos Estados Unidos, afirmou em entrevista à Folha de S.Paulo que muitos cientistas, no ano 2000, pensaram de forma equivocada que, em dez anos, testes genéticos diagnosticariam doenças como o câncer, Alzheimer e diabetes. Nas palavras de Green, "o que nós fizemos de maneira ingênua foi talvez prometer que avanços médicos viriam rapidamente". Tal previsão ainda não se tornou realidade, seja pela complexidade das interações entre genoma e doenças, seja pela limitação de recursos humanos.

## Aplicações

A clonagem de bovinos poderia facilitar a reprodução de animais com certas características genéticas. Mas existe também a possibilidade de animais serem clonados para fins terapêuticos, servindo para a experimentação ou visando à produção de órgãos compatíveis com o ser

humano - animais poderia ser um dia, produzidos em série para transplantes.

No que se referem à clonagem humana, os maiores benefícios esperados pela comunidade

científica estão no campo da terapia de órgãos e tecidos. É através dessa técnica que pesquisadores esperam estudar as chamadas células-tronco, células primordiais no embrião,

que podem gerar mais de 200 tipos celulares do nosso corpo, como as células cardíacas, hepáticas, hemácias, epiteliais, e resolver ou amenizar problemas causados por enfarto,

cirrose, leucemia e queimaduras da pele.

## Como a Genética ajuda a Medicina

### Diagnóstico

A análise de trechos do DNA permite identificar genes que sofreram mutação. Mutações aumentam o risco de uma pessoa desenvolver certas doenças.

No caso do câncer de mama, os riscos duplicam quando são dois os genes mutantes.

### Terapia

Um gene “doente”, responsável por alterações no metabolismo que levam a doenças, pode ser trocado por um gene “saudável”. O princípio da terapia genética é fazer com que os genes saudáveis produzam proteínas sadias que substituam as doentes.

### Novos remédios

As indústrias farmacêuticas têm feito investimentos milionários na leitura do DNA humano, a fim de conseguir proteínas sintéticas que poderiam curar doenças. Alguns avanços: vacinas à base de DNA e um remédio que pode revolucionar o tratamento da osteoporose.

## Doenças e curas sobre a genética

### A caça aos genes doentes

A troca das letras que formam o grande livro de receitas de seres vivos - o DNA - não tem, na maioria das vezes, consequências sérias. Mas, quando ela se dá em algum gene importante para o funcionamento do corpo, o resultado é um bolo que desanda, isto é, um distúrbio ou uma doença. Técnicas como a PCR permitem diagnosticar com exatidão falhas no código genético - as mutações (veja infográfico abaixo).

Outras técnicas vão ainda mais fundo: procuram ler a sequência de letras de um determinado gene doente. Os pesquisadores sabem qual o erro na sequência que vai originar uma proteína doente. Localizando-se o erro, seria possível fabricar uma proteína sintética sadia.

Nem sempre a presença de um gene mutante é sinal de tragédia. Isso pode apenas querer dizer que há uma probabilidade maior de que aquele organismo desenvolva determinadas doenças.

Em certos casos, o fato de uma pessoa saber que é portadora de um gene mutante pode até ajudar. Um exemplo é o gene ligado à osteoporose, uma doença que atinge os ossos, muito comum a partir da meia-idade. Pessoas com esse gene podem começar a se prevenir desde cedo, tomando suplementos de cálcio e fazendo check-ups periódicos.

# **Riscos e prejuízos da utilização dos conhecimentos genéticos para a população humana e ao meio ambiente.**

## **PRODUTOS TRANSGÊNICOS NA AGRICULTURA**

Situa-se, hoje, na pauta principal de discussões da sociedade brasileira, com forte repercussão na mídia nacional. Após alguns anos de letargia, parece que o Brasil despertará para o debate acerca das implicações que se vislumbram para a segurança alimentar, a economia, a saúde e o meio ambiente, pelo avanço da Ciência no campo da manipulação genética.



## CONCEITO

São alimentos modificados geneticamente com a alteração do código genético, isto é, é inserido no organismos genes proveniente de outro. Esse procedimento pode ser feito até mesmo entre organismos de espécies diferentes (inserção de um gene de um vírus em uma planta) por exemplo. O procedimento pode ser realizado com plantas, animais e micro-organismos

## RISCOS PARA A AGRICULTURA

As espécies transgênicas são protegidas por patentes, o que significa que o agricultor que decidir utilizá-las (se autorizadas no Brasil), terá de pagar royalties para a empresa detentora da tecnologia. A consequência mais imediata será o aumento da dependência

## A l é m d i s s o

Existe o risco da contaminação. A contaminação pode ocorrer por meio de insetos ou até mesmo por meio do vento. É o caso do milho, assim se não existir um espaçamento adequado entre as lavouras transgênicas e convencionais a contaminação pode ocorrer, pegando de surpresa o agricultor no momento da venda. Ocorre com frequência a perda de contrato desses agricultores, já que o comprador estava interessado em um produto não transgênico.



## Risco para a saúde

São vários e graves os riscos potenciais, tendo os cientistas apontado como os principais deles:

### 1. Aumento das alergias

Quando se insere um gene de um ser em outro, novos compostos podem ser formados nesse organismo, como proteínas e aminoácidos. Se este organismo modificado geneticamente for um alimento, seu consumo pode provocar alergias em parcelas significativas da população, por causa dessas novas substâncias.

### 2. Aumento de resistência aos antibióticos

Para se certificar de que a modificação genética "deu certo", os cientistas inserem genes (chamados marcadores) de bactérias resistentes a antibióticos. Isso pode provocar o aumento da resistência a antibióticos nos seres humanos.

### 3. Aumento das substâncias tóxicas

Existem plantas e micróbios que possuem substâncias tóxicas para se defender de seus inimigos naturais, os insetos, por exemplo. Na maioria das vezes, não fazem mal ao ser humano. No entanto, se o gene de uma dessas plantas ou de um desses micróbios for inserido em um alimento, é possível que o nível dessas toxinas aumente muito, causando mal às pessoas, aos insetos benéficos e aos outros animais. Isso já foi constatado com o milho transgênico Bt, que pode matar lagartas de uma espécie de borboleta, a borboleta monarca, que é um agente polinizador. Sequer a toxicidade das substâncias inseridas intencionalmente nas plantas foi avaliada adequadamente. Estas substâncias estão entrando nos alimentos com muito menos avaliação de segurança que qualquer aditivo, corante, pesticida ou medicamento.

#### 4. Maior quantidade de resíduos de agrotóxicos

Com a inserção de genes de resistência a agrotóxicos em certos produtos transgênicos, as pragas e as ervas-daninhas poderão desenvolver a mesma resistência, tornando-se "super-pragas" e "super-ervas". Por exemplo, a soja Roundup Ready tem como característica resistir à aplicação do herbicida Roundup (glifosato). Consequentemente, haverá necessidade de aplicação de maiores quantidades de veneno nas plantações, o que representa maior quantidade de resíduos tóxicos nos alimentos que nós consumimos. No Brasil, a Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) autorizou em 2004 o aumento em cinquenta vezes do limite de glifosato permitido em alimentos a base de soja. Os prejuízos para o meio ambiente também serão graves: maior poluição dos rios e solos e desequilíbrios incalculáveis nos ecossistemas.

### RISCOS PARA O MEIO AMBIENTE

Os perigos que os transgênicos podem oferecer ao meio ambiente são muitos. A inserção de genes de resistência a agrotóxicos em certos produtos transgênicos faz com que as pragas e as ervas daninhas (inimigos naturais) desenvolvam a mesma resistência, tornando-se "superpragas" e "superervas". Por exemplo, a soja Roundup Ready tem como característica resistir à aplicação do herbicida Roundup (glifosato).

Isso vai exigir a aplicação de maiores quantidades de veneno nas plantações, com maior poluição dos rios e solos. Haverá ainda desequilíbrios nos ecossistemas a partir da maior resistência desenvolvida, ao longo dos anos, pelas pragas e ervas daninhas.

Para o Brasil, detentor de uma biodiversidade ímpar, os prejuízos decorrentes da poluição genética e da perda de biodiversidade são outros graves problemas relacionados aos transgênicos.

### Transgênicos: o direito de saber

Desde que os transgênicos foram liberados no Brasil há 5 anos, já foram licenciadas 11 variedades de milho geneticamente modificados, 4 de soja, 6 de algodão e 10 vacinas para uso veterinário. Nenhum problema em relação a isso, não fosse o fato de que parte da comunidade científica vem denunciando os riscos que os transgênicos representam à saúde humana e ao meio ambiente.

## Promoção da Saúde

A promoção da saúde consiste em políticas, planos e programas de saúde pública com ações voltadas pra evitar que as pessoas se exponham a fatores condicionantes e determinantes de doenças, a exemplo dos programas de educação em saúde que se propõem a ensinar a população a cuidar de sua vida. Além disso, incentiva condutas adequadas à melhoria da qualidade de vida, distinguindo-se da atenção primária ou ações da medicina preventiva que identificam precocemente o dano e ou controlam a exposição de hospedeiro ao agente causal em um dado meio-ambiente.

Cada um desses elementos é determinado por um conjunto de características que lhe são atribuídas, na "Historia Natural da Doença", como, por exemplo, em relação à historia natural da sífilis adquirida :

- Fatores do Agente – Características biológicas, pré-requisitos de unidade
- Fatores do Ambiente – Geografia, clima, instabilidade familiar, baixo ingresso, moradia, facilidades inadequadas de recreação, facilidades diagnósticas ;
- Fatores do Hóspede – Idade, sexo, raça, desenvolvimento da personalidade, ética e educação sexual, promiscuidade, profilaxia.



Atualmente segundo Portaria nº 687 MS/GM (2006) as ações específicas a serem realizadas nas três esferas de governo (federal, estadual, municipal) são:

- Divulgar, sensibilizar e mobilizar para promoção as saúde;
- Alimentação saudável;
- Prática corporal e atividade física;
- Prevenção e controle do tabagismo;
- Redução da morbi-mortalidade em decorrência do uso abusivo do álcool e de outras drogas;
- Redução da morbi-mortalidade por acidente de trânsito;
- Prevenção da violência e estímulo à cultura da paz;
- Promoção do desenvolvimento sustentável;

Observe-se porém que a construção de um consenso e da equidade da distribuição de recursos num país continental como o Brasil, com evidentes desigualdade regionais devidas as particularidade culturais e decorrentes da sua história de desenvolvimento econômico não são contornáveis apenas com o aparelhamento jurídico - político das instituições de saúde. Através da participação da população nas decisões em fórum coletivos específicos, ( conselhos de saúde, conferências de saúde, etc. ) almeja-se uma transformação do estilo de vida nocivo à saúde e o enfrentamento da velada “guerra” de interesses por investimentos em modelos assistenciais específico para conduzir as ações de saúde, estabelecer parcerias e contratos com indústria de alimentos, fármacos, entre outras, além do empoderamento e extensão das políticas de promoção da saúde ( intersetorialidade ) aos demais setores governamentais .

## Promoção da saúde e qualidade

Os profissionais de saúde, os movimentos sociais e as organizações populares, políticos e autoridades públicas têm responsabilidades sobre as repercussões positivas ou negativas que as políticas públicas têm sobre a situação de saúde e as condições de vida. A estratégia dos municípios saudáveis propicia, através de uma nova institucionalidade social a ser construída em cada momento histórico específico em que vivem as diferentes formações sociais, a promoção da saúde por intermédio da ação intersectorial, que viabiliza as políticas públicas saudáveis.



Não há receitas prontas. A mediação intersetorial e entre população e poder público, assim como a capacitação para o exercício da cidadania e do controle social são contribuições inestimáveis que a prática da promoção da saúde, por profissionais e ativistas da saúde, pode trazer ao movimento social.

A mudança da legislação e a introdução de inovações nos Programas de Agentes Comunitários de Saúde e de Saúde da Família e a ampliação do piso assistencial básico podem ocasionar, no caso brasileiro, um extraordinário impulso à qualidade de vida e às condições de saúde, sob a ótica da promoção da saúde.

Movimentos como a Agenda 21 local e propostas de desenvolvimento local podem contribuir enormemente para o estabelecimento de alianças pró-saúde e a introdução de inovações na gestão pública, em torno de processos como a intersetorialidade e as políticas públicas saudáveis.

A defesa da saúde e da promoção da saúde junto a políticos e movimentos sociais pode conduzir à adoção mais rápida, e em maior profundidade, das estratégias aqui apontadas.