

TAITIÂNY KÁRITA BONZANINI

**AVANÇOS RECENTES EM BIOLOGIA  
CELULAR E MOLECULAR, QUESTÕES ÉTICAS  
IMPLICADAS E SUA ABORDAGEM EM AULAS  
DE BIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO:  
UM ESTUDO DE CASO**

FACULDADE DE CIÊNCIAS (FC) - BAURU - SP  
MESTRE EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

**2005**

## SUMÁRIO

Resumo .....	8
Abstract .....	9
CAPÍTULO I	
1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Objetivos .....	17
CAPÍTULO II	
2. METODOLOGIA.....	19
2.1. Estruturação dos referenciais teóricos.....	20
2.2 Caracterização da escola, grupo de alunos e professor observados.....	20
2.2.1 A escola.....	20
2.2.2 A turma de alunos.....	21
2.2.3 A professora de biologia.....	21
2.2.4 Carga horária e aulas ministradas.....	22
2.3 A pesquisa qualitativa.....	23
2.4 Procedimentos de coleta e análise de dados.....	27
CAPÍTULO III	
3. CONHECIMENTOS EM GENÉTICA GERAL, GENÉTICA MOLECULAR E BIOLOGIA CELULAR: CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS.....	31
3.1 A genética de Mendel .....	35
3.2 Considerações históricas sobre o desenvolvimento da genética no século XX.....	41
3.3 Avanços recentes em biologia celular e molecular.....	49
CAPÍTULO IV	
4. O ENSINO DE GENÉTICA NA ESCOLA MÉDIA .....	65
4.1 Pesquisas sobre o ensino de Genética.....	73
4.2 O ensino de Genética nas propostas curriculares e nos livros didáticos.....	85

## CAPÍTULO V

5. REFERENCIAIS TEÓRICOS.....	98
5.1 A formação docente.....	98
5.2 A prática docente.....	108

## CAPÍTULO VI

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	122
6.1 O questionário de pré e pós-teste.....	124
6.2 Descrição e análise das observações.....	126
6.3 Episódios de ensino selecionados.....	139
6.4 Análise de documentos.....	156
6.4.1 Trabalhos elaborados pelos alunos.....	156
6.4.2 Planejamento curricular.....	161
6.4.3 Livros didáticos utilizados.....	162
6.5 Entrevista realizada com a professora.....	163

## CAPÍTULO VII

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	169
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	173
ANEXOS.....	183

BONZANINI, T. K. *AVANÇOS RECENTES EM BIOLOGIA CELULAR E MOLECULAR, QUESTÕES ÉTICAS IMPLICADAS E SUA ABORDAGEM EM AULAS DE BIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO*: um estudo de caso.

## **RESUMO**

O trabalho corresponde a um estudo de caso (Bogdan & Biklen, 1994) em que aulas de biologia de uma turma de alunos do 2º ano do ensino médio foram sistematicamente observadas com o intuito de verificar de que forma surgem e são trabalhadas questões relativas aos avanços recentes em biologia celular e molecular (organismos transgênicos, clonagem, experiências com células tronco, projeto genoma etc.). Atenção especial foi dada às demandas formativas que esse aspecto do ensino de biologia suscita junto aos professores, tanto em nível de aprofundamento de conhecimentos em biologia celular e molecular, quanto em nível de decisões sobre como organizar a abordagem e discussão de temas polêmicos e implicações éticas subjacentes. O referencial teórico para o desenvolvimento da pesquisa e análise de dados foi estruturado com base em literatura especializada sobre formação de professores (Schön & Costa, 2000; Perrenoud, 2000; Zaballa, A., 1998; Carvalho e Gil-Pérez, 1995; entre outros).

Palavras-chave: Ensino de Biologia, Ensino de Genética, Avanços Recentes em Biologia Molecular.

BONZANINI, T. K. *RECENT ADVANCES IN MOLECULAR AND CELLULAR BIOLOGY, ETHIC QUESTIONS IMPLICATED AND ITS APPROCH IN BIOLOGY CLASSES IN HIGH SCHOOL: a study of case.*

### **ABSTRACT**

The work corresponds to a study of case (Bogdan & Biklen, 1994) in which biology classes in a group o students from second year in high school were systematically observed on propose to verify how the questions relating to the recent advances in molecular and cellular biology (transgenic organisms, clonating, experiments with stem-cells, genome project, etc.) appear and worked. A special attention was given formative demands that this aspect of the teaching in biology rouse among the teachers, both making deeper in the knowledge in molecular and cellular biology and the decisions about how organize the approach and discussion relating to the polemic subjects and ethic implications underlying. The theoretic reference to the development of the research and data analysis was based on specialized literature about teachers graduation (Schön & Costa, 2000; Perrenoud, 2000; Zaballa, A.,1998; Carvalho e Gil-Pérez, 1995; et al.).

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUÇÃO

À medida que iniciamos um novo século, a educação surge como a preocupação fundamental em todos os países do mundo, inclusive tendo em vista o futuro da humanidade e do planeta. Os desafios do novo século com vistas à eliminação da pobreza e à garantia de um desenvolvimento sustentável e de uma paz duradoura recaem sobre os jovens de hoje. Educá-los para enfrentar esses desafios tornou-se um objetivo prioritário para qualquer sociedade.

Deste modo, entendemos a escola como um local de desenvolvimento de conhecimentos, idéias, atitudes e pautas de comportamento que permitam ao aluno uma incorporação eficaz ao mundo contemporâneo, no âmbito da liberdade do consumo, da liberdade de escolha e participação política, da liberdade e responsabilidade na esfera da vida familiar (GIMENO SACRISTÁN e PÉREZ GÓMEZ, 1998).

A maior parte dos países do mundo valoriza o ensino científico como um fator para o progresso da economia nacional, principalmente na formação de profissionais altamente qualificados. Mais fundamental ainda, talvez, é notar que esses conhecimentos também têm um papel na construção de uma sociedade democrática, uma vez que podem ser aplicados para entender e participar de debates relacionados a diversos temas.

Para abordar a ciência e a tecnologia como se apresentam hoje, os indivíduos necessitam de um certo grau de conhecimentos científicos para que possam entender a ciência como patrimônio cultural das sociedades contemporâneas.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1999), quanto às Ciências Naturais, sugerem que no ensino fundamental o aluno desenvolva competências que lhe permitam compreender o mundo em que vive e atuar como indivíduo e como cidadão, utilizando conhecimentos de natureza científica e tecnológica. Destacam que, numa sociedade em que se convive com a supervalorização do conhecimento científico e com a crescente intervenção da tecnologia no cotidiano, não é possível pensar a formação de um cidadão crítico à margem do saber científico.

Há alguns anos, clonar seres humanos e mapear os genes existentes nas células eram assuntos de ficção científica, mas, durante a última década vem ocorrendo um grande avanço no conhecimento em genética, e esse assunto já está sendo abordado até mesmo em novelas de televisão. Os *genomas* de diversos organismos têm sido minuciosamente investigados mediante técnicas que permitem o seqüenciamento do DNA (ácido desoxirribonucléico) e outros resultados similares. Há uma crescente quantidade de pesquisas envolvendo experimentos de clonagem. Além disso, estamos

rodeados de produtos alimentícios e medicamentos provenientes de organismos geneticamente modificados e de uma infinidade de outros resultados da investigação científica. Tais novidades de natureza científico-tecnológica – espantosas, diga-se de passagem - não ocorrem, porém, num cenário de aceitação pacífica, mas em meio a intensas controvérsias sobre aspectos éticos e, também, em meio a poderosos interesses econômicos e políticos. Deste modo, com o avanço da engenharia genética e as atuais pesquisas neste campo, é praticamente impossível admitir que os alunos permaneçam alheios a estas descobertas. É crescente a necessidade da escola e, conseqüentemente, do professor oportunizar a discussão destes assuntos cada vez mais presentes no cotidiano das sociedades contemporâneas.

Os estudantes de hoje cada vez mais formam parte de uma sociedade na qual as tecnologias genéticas estão inseridas. Chegará o momento em que se exigirá decisões pessoais relacionadas aos resultados destas tecnologias, e tais decisões serão cruciais nas respostas da sociedade.

Apesar da genética molecular produzir uma infinidade de novos dados sobre os mecanismos de hereditariedade, pesquisas relevam (Wood-Robinson et al.,1998; Bonzanini, 2002) que a maioria das pessoas ainda possui escassas informações sobre os conceitos básicos desta área; esses autores, durante o desenvolvimento de suas pesquisas, constataram ainda que, quando indagados, os alunos revelam desconhecer o que seria e quais as técnicas utilizadas em pesquisas como o Projeto Genoma Humano e produção de organismos geneticamente modificados. Além disso, apontam também, que nos jornais e revistas para o grande público, esses temas são geralmente tratados de maneira superficial, confusa e incompatível com um nível mínimo de rigor científico.



Sendo assim, percebe-se a necessidade de explicitar tais conceitos e buscar caminhos para articular o Ensino de Ciências ao cotidiano das pessoas, já que, a escola não pode ignorar o que se passa no mundo; e embora esses temas (Projeto Genoma Humano, clonagem, organismos transgênicos, pesquisas com células tronco) estejam amplamente abordados pelos meios de comunicação, conforme as pesquisas citadas acima, a sociedade brasileira não possui conhecimento necessário para entender e interpretar esses avanços e assumir uma posição consciente diante de assuntos sobre os quais precisará opinar. Neste contexto, a responsabilidade de discutir os avanços da genética de forma inteligente, clara e acessível aos alunos recai sobre os educadores.

Diante dessas colocações surgem, então, certas indagações: estariam os professores de hoje preparados para abordar e discutir tais temas no intuito de instrumentalizar os educandos para que possam participar de processos de tomada de decisão a respeito das recentes pesquisas na área de biologia celular e molecular? As propostas curriculares e os livros didáticos abordam satisfatoriamente o estudo de conceitos relacionados a estas temáticas? Esses assuntos despertam o interesse dos alunos?

Quanto ao estudo de genética, uma pesquisa realizada por Justina et al. (2000) verificou, por meio de entrevistas, que a maioria dos professores declaram apresentar dificuldades tanto para ensinar como para fazer com que seus alunos compreendam satisfatoriamente as novas abordagens em genética. Esta pesquisa revelou também a preocupação dos professores com as temáticas atuais que não aparecem nos documentos oficiais ou nos livros didáticos. Outras pesquisas revelam (Justina e Barradas, 2003; Fávaro et al., 2003) que os professores continuam distantes

das inovações que acontecem, e repassam a seus alunos conceitos estáticos e errôneos contidos nos livros didáticos.

Apesar dos avanços da Biologia moderna despertarem o interesse da maioria dos alunos (Wood-Robinson et al.,1998; Bonzanini, 2002), não estão presentes nos currículos escolares, e, nos livros didáticos, quando citados, trazem muitos erros conceituais (Fracalanza, 1985; Malaguth, 1997; Fávaro, 2003).

Diante disso, surge a necessidade de uma atualização dos conteúdos das disciplinas científicas adequando-as aos currículos e programas atualizados para educar as gerações do século XXI, que estão constantemente recebendo informações sobre temas biológicos vinculados nos meios de comunicação.

Amorim (1995) ressalta a importância de um novo contexto para o ensino de Ciências no qual se destaque a relevância social, os alcances e as limitações da Ciência. Trivelato (1995) complementa descrevendo a importância de se pensar as disciplinas científicas como “*elemento formador de cidadãos críticos*”, de reconhecermos sua importância e, até mesmo, sua ineficiência.

Krasilchik (1987) cita a importância de uma contextualização mais abrangente do currículo de Ciências, uma vez que vários fatores se incompatibilizam com os currículos escolares, como a expansão rápida do conhecimento, a necessidade de atualização, a ampliação dos meios de comunicação, entre outros.

Além disso, é desejável que exploremos a Biologia a partir de assuntos atuais, polêmicos, que motivem os alunos a buscar leis e teorias que respondam suas dúvidas. Por exemplo, as controvérsias relacionadas aos avanços recentes em biologia

celular e molecular podem servir como temas geradores que despertem o interesse por conceitos de *genética básica* (CANAL, 2002).

Sendo assim, um novo contexto para o ensino de Biologia, que prevê a incorporação de temáticas atuais, que motivem o aluno a aprender determinados conceitos, precisa levar em consideração também o uso de estratégias e recursos para instigar, motivar, surpreender os estudantes levando-os a participar dessas discussões. Para isso, faz-se necessário que o professor disponha de diversos instrumentos para que as aulas sejam mais interessantes e menos monótonas, promovendo discussões nas quais ouça o ponto de vista de cada aluno e não somente exponha o seu como uma verdade absoluta, fazendo com que possam relacionar isso ao seu dia a dia, aos benefícios e prejuízos que podem trazer, bem como analisar criticamente e opinar sobre questões polêmicas de uma maneira coerente. Segundo Arroyo (2000) ao motivar o aluno evita-se sua marginalização e exclusão.

A maneira como temas como clonagem, organismos transgênicos e Projeto Genoma Humano serão tratados em aula, ou seja, a didática utilizada pelo professor poderá provocar o interesse ou a recusa por parte dos alunos, e os processos de tomada de decisão e até mesmo a compreensão de tais temas dependem de uma base sólida de conhecimentos que podem ser oferecidos pela escola.

Uma vez que esses temas são de grande importância para a formação do educando, sua abordagem precisa ter em vista o favorecimento de uma aprendizagem significativa, daí a importância de uma prática educativa diferenciada que coloque o aluno em contato com experiências fecundas para ele.

É preciso que o educador promova uma educação científica que divulgue os avanços da ciência, pois, além de necessidade, é um dever social. É imprescindível que se transmita para os alunos uma ciência mais atual, histórica, social, crítica e humana. Segundo Trivelato (1995), os professores ainda transmitem aos seus alunos idéias errôneas sobre a ciência, sobre os cientistas e sobre a elaboração do conhecimento científico.

Uma educação científica democrática, voltada para a cidadania, visa preparar os educandos para assimilar informações de qualidade, aprimorando o juízo crítico e solidificando uma verdadeira sociedade atuante.

Ao abordar conteúdos significativos através de uma perspectiva transformadora, pode-se propiciar aos alunos a oportunidade de ampliarem a leitura da realidade, e tal conscientização poderá levá-los a ações que promovam transformações sociais.

Entretanto, não podemos ignorar as dificuldades enfrentadas pelo professor, como as precárias condições de trabalho, a escassez de material e de recursos, a falta de tempo para elaborar materiais didáticos e até mesmo uma formação deficiente.

A partir dos aspectos aqui levantados, consideramos de extrema importância a realização de pesquisas que focalizem o ensino de temas de biologia celular e molecular no sentido de trazer subsídios para a formação de professores, para a elaboração de propostas curriculares e materiais didáticos e para a discussão das questões da prática docente.

Assim, esta pesquisa enfocou o ensino de genética em uma escola *tal como se processa*; propostas curriculares oficiais, planejamentos escolares elaborados por professores e conteúdos de livros didáticos adotados foram considerados, mas a título de referência, pois, muitas vezes, os materiais didáticos utilizados e as declarações de intenção registradas nos planos de ensino não refletem exatamente as convicções que os professores possuem, e que são reveladas através de suas ações, já que, segundo Cunha (1989), o estudo "*do professor em seu cotidiano, tendo-o como ser histórico e socialmente contextualizado pode auxiliar na definição de uma nova ordem pedagógica e na intervenção da realidade no que se refere à sua prática e à sua formação*".

### **1.1 Objetivos**

Tendo em vista os questionamentos relacionados acima, é importante perguntarmos: Temas de biologia contemporânea estão sendo efetivamente introduzidos e estudados na escola básica? De que maneira? Que estratégias de ensino são utilizadas pelos professores para favorecer a aprendizagem desses conteúdos pelos alunos? Que obstáculos surgem e têm que ser enfrentados?

O presente trabalho pretende oferecer uma pequena contribuição nesse sentido e, deste modo, toma como ponto de partida os seguintes objetivos de pesquisa:

- 1- Verificar se temas como ciência genômica, clonagem, organismos transgênicos etc. estão sendo efetivamente abordados em aulas de

Biologia na Escola Média, e de que maneira essa abordagem ocorre.

Atenção será dada aos seguintes aspectos, entre outros:

(a) Os referidos temas são parte integrante do plano de ensino do professor/escola ou surgem durante as aulas de maneira acidental, por exemplo, apenas quando o professor é interpelado pelos alunos?

(b) As aulas de biologia limitam-se a focar produtos finais da atividade científica na área ou também enfocam o fazer científico, os métodos de pesquisa, os interesses econômicos e políticos subjacentes, as questões éticas suscitadas etc.?

(c) O professor propõe atividades de ensino que permitam a exploração desses conteúdos de forma inteligente e aberta, contemplando os diferentes ângulos de cada questão?

(d) Até que ponto a formação anterior e material de apoio de que o professor dispõe sustentam ou não o trabalho com esses temas?

2- Verificar de que forma temas contemporâneos de biologia celular e molecular aparecem e são trabalhados nos materiais de apoio utilizados por professores e alunos em aulas de Biologia na escola média (por exemplo, livros didáticos);

3- Identificar obstáculos que dificultam a abordagem desses temas na escola média, para, a partir disso, oferecer subsídios que permitam novas ações no âmbito da formação de professores e produção de material didático.

## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGIA

Conforme já mencionado, a presente pesquisa tem como objetivo investigar de que maneira a temática relativa aos avanços recentes em biologia celular e molecular surge e é abordada em aulas de biologia para o ensino médio. Tal objetivo, da forma geral como está aqui colocado, poderia ter dado origem a uma pesquisa em extensão, isto é, a uma pesquisa que buscasse mapear aspectos do problema em um grande número de salas de aula. Entretanto, nossa opção foi por realizar uma pesquisa com outras características, ou seja, uma pesquisa que, focalizando episódios de ensino subsequentes ocorridos *em uma única turma de alunos*, permitisse analisar, de modo mais detalhado e *aprofundado*, as diversas interações ocorridas entre os sujeitos envolvidos (alunos e professores), bem como interpretar as perspectivas desses sujeitos e sua possível evolução. Assim, o grupo que, mediante nosso convite, aceitou estar

participando da pesquisa foi composto por uma turma de alunos de uma dada escola de ensino médio e sua professora, da maneira como especificaremos a seguir.

## **2.1 Estruturação dos referenciais teóricos**

Tendo em vista os objetivos da pesquisa, consideramos importante organizar capítulos que proporcionassem ao leitor um breve panorama sobre os seguintes temas:

(a) conhecimentos em genética geral, genética molecular e biologia celular e sua evolução nos últimos 150 anos;

(b) pesquisas e propostas referentes ao ensino de genética e questões correlatas;

(c) pesquisas e propostas referentes à formação de professores e referentes à estruturação da prática pedagógica no contexto do ensino de ciências e biologia.

Esses capítulos foram elaborados com base em pesquisa bibliográfica e constituíram referências para a análise e discussão dos dados coletados. Esses referenciais, portanto, foram utilizados para a análise da prática pedagógica e nortearam nossos trabalhos.

## **2.2 Caracterização da escola, grupo de alunos e professor observados**

### **2.2.1 A escola**



A escola objeto desse estudo, escolhida graças à equipe escolar ter sido receptiva à idéia de que uma coleta de dados fosse ali desenvolvida, é uma escola pública de ensino fundamental e médio da região de Bauru (SP).

O prédio, construído há cerca de 58 anos, possui 16 salas de aula, um laboratório, uma biblioteca, uma sala de informática, um teatro (salão nobre), o pátio, a quadra poliesportiva, sala de professores e instalações para serviços administrativos. Apesar de ser uma construção antiga, o prédio da escola é bem conservado.

A escola está situada no centro da cidade e atende toda a clientela do ensino médio do município (zona urbana e rural).

### **2.2.2 A turma de alunos**

A pesquisa foi realizada com uma turma do 2º Ano do Ensino Médio, composta por, inicialmente 45 alunos. No decorrer dos bimestres, esse número variou devido algumas transferências, chegando ao final do ano letivo com 40 alunos. Essa turma foi escolhida por razões ligadas ao planejamento curricular, já que na escola investigada, o conteúdo de genética é ministrado no 2º Ano.

### **2.2.3 A professora de Biologia**

Concluiu, no ano de 1983, o curso de Licenciatura em Ciências pela Universidade de Bauru (Bauru, SP), instituição extinta em 1987, ano de sua incorporação pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Obteve, ainda, ao retornar a essa universidade, Habilitação em Biologia em 1989. Integra o corpo

docente efetivo da escola há 20 anos, ministrando 33 aulas semanais, além de trabalhar em uma escola particular do município.

Revelou que tem participado de atividades de capacitação oferecidas pelo Governo do Estado e mostrou-se muito receptiva. Aceitou que suas aulas fossem observadas e concordou em colaborar com o levantamento de dados para esta pesquisa.

#### **2.2.4 Carga horária e aulas ministradas**

A carga horária destinada à Biologia nas Escolas da Rede Estadual de Ensino compreende 2 aulas semanais com duração de 50 minutos cada aula. Ao todo foram observadas 41 aulas, sendo realizada a observação de uma aula na segunda-feira e outra na quinta-feira, de um total de 50, pois 9 dessas aulas coincidiram com feriados e programações da escola que implicaram em dispensa dos alunos, como, por exemplo, campeonato de futebol municipal, idas ao cinema ou teatro. Para melhor descrição, as aulas foram numeradas de 1 a 50, sendo que a número 1 foi a primeira aula observada na qual ocorreu a aplicação do questionário de pré-teste (anexo 1) e a número 50 a última aula observada na qual aplicou-se o questionário pós-teste.

As aulas que implicaram em dispensa dos alunos acarretaram em diminuição do tempo disponível e, conseqüentemente, na redução dos assuntos abordados, fato este que foi, inclusive, comentado pela professora.

### 2.3 A pesquisa qualitativa

Buscando realizar os objetivos estabelecidos para esta pesquisa, utilizamos uma abordagem de investigação de natureza qualitativa, pois a fonte direta de dados foi o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal (Bogdan & Biklen, 1994). A investigação qualitativa favorece que os investigadores interessem-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos.

No processo qualitativo, ocorre uma espécie de diálogo entre os investigadores e os sujeitos da investigação, com o objetivo de perceber o que estes sujeitos experimentam, como as experiências são interpretadas e como estruturam o mundo em que vivem (Psathas, 1973)<sup>1</sup>.

A denominação “pesquisa qualitativa” conforme Alves (1991, p. 54) é uma expressão que: “*apresenta abrangência suficiente para englobar múltiplas variantes*”. Segundo esse autor, a pesquisa qualitativa parte do pressuposto de que as pessoas agem em função de suas crenças, percepções, sentimentos e valores, portanto seu comportamento tem sempre um sentido, um significado não reconhecido imediatamente, precisando ser revelado. Reafirmando essa posição, este autor cita Patton (1986, p. 22) que indica três características indispensáveis aos estudos qualitativos:

1- *Visão holística*: parte do princípio que a compreensão de um significado de um comportamento ou evento só é possível em função da compreensão das interrelações que surgem de um dado contexto;

---

<sup>1</sup> PSATHAS, G. *Phenomenological sociology*. New York: Wiley, 1973.

2- *Abordagem intuitiva*: definida como aquela em que o pesquisador inicia suas observações mais livremente deixando que as categorias de interesse emerjam progressivamente durante o processo de coleta e análise de dados;

3- *Investigação naturalística*: investigação na qual a intervenção do pesquisador no contexto observado é reduzida ao mínimo.

Bogdan e Biklen (1994) apresentam cinco características básicas que configuram a pesquisa qualitativa: (a) a pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte principal de dados e o pesquisador como seu principal instrumento; (b) os dados coletados são predominantemente descritivos; (c) a preocupação com o processo é muito maior do que com o produto; (d) o foco de atenção especial do observador é o significado; (e) a análise de dados tende a seguir um processo indutivo.

As características apontadas acima possuem várias implicações para a pesquisa. Entre outras podemos destacar o fato de se considerar o pesquisador como o principal instrumento de investigação e a necessidade do contato direto e prolongado com o objeto pesquisado. Essas características apontam também para a natureza predominante dos dados qualitativos: “*descrições detalhadas de situações, eventos, pessoas, interações e comportamentos observados; citações literais do que as pessoas falam sobre suas experiências, atitudes, crenças e pensamentos; trechos ou integrais de documentos, atas ou relatórios de casos*”(Patton, 1986, p. 22 apud Alves, 1991, p.54).

Para Alves (1991, p.55), os investigadores *qualitativos* compreendem a realidade como uma construção social da qual devem participar observando o todo, considerando os componentes de uma dada situação em suas interações e influências

recíprocas, o que exclui a possibilidade de se fazer generalizações do tipo estatístico. Sendo assim, segundo esta autora: *“não se pode, no processo de investigação, deixar de valorizar a imersão do pesquisador no contexto, em interação com os participantes, procurando apreender o significado por eles atribuído aos fenômenos estudados”*.

O foco da pesquisa qualitativa deve emergir por um processo de indução, do conhecimento do contexto e das múltiplas realidades construídas pelos participantes em suas influências recíprocas. O foco do estudo será progressivamente ajustado durante a investigação, e os dados dela resultantes serão predominantemente descritivos e expressos através de palavras (ALVES, 1991).

Alves (1991) cita que para Lincoln e Guba (1985) a focalização atende a dois objetivos principais: estabelece os limites da investigação e orienta os critérios de inclusão e exclusão, auxiliando o pesquisador a selecionar informações relevantes. Estes autores revelaram que no processo de focalização se faz muito importante o conhecimento “tácito”, ou seja, refere-se aquilo que o professor “sabe” embora não consiga expressar sob forma proposicional.

Além da focalização do problema, é importante a imersão do pesquisador no contexto com uma visão geral e não enviesada do problema considerado (ALVES, 1991).

Após estabelecer questões relevantes para o estudo, o pesquisador inicia a coleta sistemática dos dados, que pode ou não ocorrer com o uso de instrumentos auxiliares, com questionários, roteiros de entrevistas, formulários de observação entre outros. Alves (1991) considera que a observação, a entrevista em profundidade e a

análise de documentos são os principais instrumentos de coleta de dados em pesquisas qualitativas.

A terceira etapa, desse tipo de pesquisa, compreende a análise dos dados, da qual emerge a teoria. Geralmente as pesquisas qualitativas geram uma grande quantidade de dados que precisam ser organizados e compreendidos; isso pode ocorrer até mesmo durante a coleta de dados, pois o pesquisador pode escolher temas, criar interpretações. Muitas vezes os dados da pesquisa contêm citações de falas para ilustrar e incrementar a apresentação. Além das citações, os dados poderão englobar ainda, transcrições, fotografias, vídeos, documentos pessoais, entre outros registros (BOGDAN e BIKLEN, 1994). O pesquisador precisa planejar seu estudo de modo a obter credibilidade, transferibilidade, consistência e confirmabilidade (ALVES, 1991).

O pesquisador para Lüdke e André (1986) deve exercer o papel subjetivo de participar e o papel objetivo de observador, colocando-se em uma posição ímpar para compreender e explicar o comportamento humano. Partindo de um esquema geral de conceitos, o pesquisador procura testar constantemente suas hipóteses com a realidade observada diariamente; e, por estar inserido na realidade, o pesquisador está apto a detectar as situações que provavelmente lhe fornecerão dados que corroborem com suas conjecturas.

A partir dos primeiros contatos com os participantes, o pesquisador deve-se preocupar com sua aceitação pelos sujeitos da pesquisa e decidir, até mesmo, como e quanto se envolverá nas atividades (LÜDKE e ANDRÉ, 1986).

A pesquisa qualitativa, segundo Lüdke e André (1986), pode assumir várias formas; o presente trabalho pode ser considerado como um estudo de caso<sup>2</sup>, pois contempla as características básicas destacadas por estes autores para esse tipo de pesquisa, uma vez que:

“visam à descoberta (...) enfatizam a interpretação em contexto (...) buscam retratar a realidade de forma completa e profunda (...) usam uma variedade de fontes de informação (...) revelam experiência vicária e permitem generalizações naturalísticas e (...) procuram representar os diferentes e às vezes conflitantes pontos de vista presentes numa situação social”.

Portanto, o estudo de caso, na realidade, é o estudo de um caso, bem delimitado, com contornos bem definidos ao desenvolver do estudo. No estudo de caso, o pesquisador utiliza uma amostragem pequena, não representativa, e pode proceder a coleta de dados utilizando instrumentos e técnicas mais ou menos estruturados.

A técnica utilizada na presente pesquisa foi a observação participante, considerada por Bogdan e Biklen (1994) uma técnica ou um método da pesquisa qualitativa. Neste estudo o foco centra-se numa organização particular e num caso específico dentro dessa organização, ou seja, em uma professora e uma turma de alunos do 2º Ano do Ensino Médio.

## **2.4 Procedimentos de coleta e análise de dados**

Com o objetivo de investigar de que maneira as pesquisas recentes em biologia celular e genética molecular são abordadas em situações de ensino e

---

<sup>2</sup> Pesquisadores consideram o estudo de caso como uma pesquisa etnográfica.

aprendizagem, a estratégia geral de coleta de dados consistiu no acompanhamento, durante três bimestres, de todas as aulas de Biologia ministradas à turma de alunos mencionada acima, uma turma de 2º Ano do Ensino Médio de uma escola pública da região de Bauru.

A professora da referida turma foi convidada a participar da pesquisa com sua anuência explícita, tendo recebido, no início, apenas informações gerais sobre a pesquisa (por exemplo, “é uma pesquisa sobre ensino de genética”), a fim de minimizar a influência da pesquisa sobre o seu modo de proceder; isso foi colocado abertamente, fazendo parte integrante da negociação para obter permissão de observação de suas aulas (“antes de fazer as observações eu não posso explicar em detalhes o que é que eu vou observar, senão te influencio, mas depois você pode ter acesso a todo o material - você concorda?”). Além disso, foi garantido o anonimato dos participantes, substituindo seus nomes por siglas do tipo “P”(para o professor) e as três primeiras letras dos nomes como “NAT”, “MAR”, etc. (para os alunos).

A análise do processo de ensino foi baseada nas anotações escritas realizadas durante as aulas observadas, em questionários de pré-teste e pós-teste (anexo 1), em trabalhos escritos produzidos pelos alunos, tais como atividades solicitadas pela professora e avaliações (anexo 2), em discussões com a professora da turma acerca de episódios de ensino selecionados, em conversas e questionamentos realizados pelos alunos, e em entrevistas semi-estruturadas realizadas com a professora (anexo 3).

Utilizamos, portanto, os seguintes procedimentos de recolha de dados (Bogdan & Biklen, 1994):



- *observação participante*, na qual o investigador introduziu-se no mundo das pessoas que pretendia estudar no intuito de conhecê-las e deixar-se conhecer; elaborando um registro sistemático de tudo que ouviu e observou e este material foi complementado posteriormente com outros dados como, por exemplo, registros escolares, materiais disponibilizados aos alunos pela professora, avaliações, fotografias. No caso do trabalho de observação de aulas, a maior parte das anotações foi feita durante o próprio período de observação, principalmente quando se tratavam de anotações descritivas; outras anotações (como, por exemplo, observações de natureza mais reflexivas) eram feitas logo após o término da aula.

- *entrevista em profundidade*, na qual o investigador procurou compreender, com bastante detalhe o que professores e alunos pensam sobre determinados assuntos e como desenvolveram seus quadros de referência; isto fez com que o investigador passasse um tempo considerável com os sujeitos da investigação em seu ambiente natural, elaborando questões abertas e registrando as respostas. Pelo caráter reflexivo, esse tipo de abordagem permitiu que os sujeitos respondessem de acordo com sua perspectiva pessoal.

Nas pesquisas qualitativas, as entrevistas surgem com um formato próprio de cada situação e podem ser utilizadas de duas formas: podem constituir a estratégia dominante para a recolha de dados, ou podem ser utilizadas em conjunto com a observação participante, análise de documentos ou outras técnicas; o importante é utilizar a entrevista para recolher dados descritivos na própria linguagem do sujeito. Essas entrevistas podem centrar-se em tópicos determinados ou serem

guiadas por questões gerais, o importante é deixar o sujeito livre para expor seu ponto de vista. Deve-se evitar perguntar respondidas apenas por “sim” ou “não” (BOGDAN e BIKLEN, 1994).

Não se descartou a possibilidade de se entrevistar também alunos, caso a pesquisa assim o sinalizasse.

- *análise documental*: na qual buscou-se identificar informações factuais nos documentos a partir dos objetivos estabelecidos pela pesquisa. Neste caso, considerou-se documentos os questionários respondidos pelos alunos, as avaliações realizadas, os trabalhos escritos dos alunos e o planejamento curricular elaborado pela professora.

De acordo com Lüdke e André (1986, p. 39):

“Os documentos constituem uma fonte poderosa de onde podem ser retiradas evidências que fundamentam afirmações e declarações do pesquisador. Representam ainda uma fonte “natural” de informações. Não são apenas uma fonte de informação contextualizada, mas surgem num determinado contexto e fornecem informações sobre esse mesmo contexto”.

Preparou-se a coleta de dados a partir da elaboração de um roteiro contendo diversos aspectos para os quais desejava-se obter informações (anexo 4). A pretensão não era de que tal instrumento fosse um roteiro rígido a ser seguido para a observação, mas sim possibilitar uma maior objetividade na tarefa de registrar novas observações.

Os dados foram analisados qualitativamente após organização, categorização e interpretação fundamentada em teorias provenientes de pesquisas recentes sobre o ensino de Genética e, as propostas curriculares e sobre formação de professores discutidos nos capítulos IV e V respectivamente.

## **CAPÍTULO III**

Conforme já adiantado na Introdução, optamos por inserir no trabalho um capítulo que focalizasse brevemente a evolução dos conhecimentos sobre hereditariedade nos séculos XIX e XX, acreditando que um texto com tais características forneceria uma síntese de algumas questões que podem ser objeto de estudo dos alunos do Ensino Médio, a fim de que estes compreendam melhor a Ciência, seu desenvolvimento histórico, seu alcance e seus limites.

Assim, apresenta-se neste capítulo um breve histórico da Genética, suas descobertas, a rapidez com que se processaram, sua evolução até a Engenharia Genética e as implicações nos dias atuais.

### **3. CONHECIMENTOS EM GENÉTICA GERAL, GENÉTICA MOLECULAR E BIOLOGIA CELULAR: CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS**

O surgimento da vida é um tema que desperta o interesse e a curiosidade de muitas pessoas; diversas hipóteses foram formuladas por filósofos e cientistas na tentativa de explicar como a vida surgiu no planeta Terra: até o século XIX, imaginava-se que os seres vivos poderiam surgir do cruzamento entre si ou a partir da matéria bruta ou inanimada, de forma espontânea, hipótese conhecida por *abiogênese* ou *geração espontânea*.

Mas, a teoria da abiogênese foi profundamente abalada pelos experimentos de Francesco Redi (1626-1698) em meados do século XVII. Este biólogo italiano colocou pedaços de carne no interior de frascos, deixou alguns abertos e outros fechou com uma tela; observou que as moscas eram atraídas pela carne em decomposição e essas entravam e saíam dos frascos abertos, nestes frascos surgiram larvas que logo mais se transformaram em moscas. Concluiu, então, que a fonte de vida eram os seres vivos e não a matéria inanimada. Este experimento favoreceu a teoria de *biogênese*, segunda a qual a vida se origina somente de outra vida preexistente.

Alguns anos após o experimento de Redi, Van Leeuwenhoek (1632-1723) aperfeiçoou o microscópio e descobriu o mundo dos microorganismos. Observou que os microorganismos aumentavam rapidamente em número quando em contato com soluções nutritivas, e imaginou que a geração espontânea fosse a responsável por tal proliferação. A partir disso, os adeptos da teoria da abiogênese passaram a supor que soluções nutritivas poderiam gerar espontaneamente microorganismos.

A abiogênese perdurou, então, até o século XIX, quando o cientista francês Louis Pasteur (1822-1895) elaborou experimentos fortemente sugestivos da inviabilidade da geração espontânea de microorganismos, os quais tiveram grande

impacto na comunidade científica. A partir daí, a hipótese da geração espontânea ou abiogênese declinou rapidamente, e os cientistas convergiram para a idéia de que a vida sempre surge de uma vida preexistente.

Porém, esse modo de ver implicou que o surgimento de novos seres obedeceria a um programa: a reprodução, que comandaria a constância das espécies e a variabilidade dos indivíduos.

Mas de que forma a constância das espécies era mantida? Como ocorria a variabilidade entre indivíduos de uma mesma espécie? Surge, então, a Genética: a ciência da hereditariedade, o ramo da Biologia que estuda os mecanismos de transmissão dos caracteres de uma espécie, passados de uma geração para outra. Esta ciência obteve um grande progresso durante o século XX e início do século XXI; entre seus feitos pode-se citar: a descoberta do ácido desoxirribonucléico (DNA) em 1927, esclarecimento de sua função em 1944 e de sua estrutura em 1953; o surgimento das bactérias manipuladas em 1970; e os primeiros passos da terapia genética humana em 1986.

Porém, a influência de uma nova descoberta científica sobre a vida do público em geral nem sempre é prontamente reconhecida. Em 1953, quando Watson e Crick elucidaram a estrutura do DNA, tal descoberta foi considerada importante somente para aqueles cientistas diretamente envolvidos com o estudo dessa molécula. Ainda assim esse grupo restrito não pôde vislumbrar a revolução que, algumas décadas depois, essa descoberta provocaria em várias áreas do conhecimento humano. E, para a população em geral, as aplicações dessa nova descoberta eram ainda menos evidentes.

A genética vem, ultimamente, ocupando lugar de destaque não apenas em clínicas ou consultórios médicos; a possibilidade de clonar órgãos, por exemplo, desperta a atenção de juristas preocupados com os aspectos legais desses experimentos.

Neste cenário, podemos dizer que a Biologia deixou de ser uma ciência puramente acadêmica e passou a atrair o interesse de vários ramos da sociedade. A Engenharia Genética chama a atenção de industriais, investidores, agropecuaristas e governantes, devido a possibilidades tais como lucros rentáveis ou desequilíbrios ambientais.

As discussões atuais sobre as aplicações da tecnologia do DNA recombinante não envolvem somente os possíveis riscos casuais de acidentes biológicos, mas também concentra-se nos problemas e nas decisões éticas que deverão ser discutidos e assumidos. Somente uma sociedade bem informada sobre o assunto será capaz de assegurar que essa tecnologia seja empregada de maneira ética e humana.

Para Chauí (1996, p. 340) “*ética e moral referem-se ao conjunto de costumes tradicionais de uma sociedade e que, como tais, são considerados valores e obrigações para a conduta de seus membros*”; e Aurélio Buarque de Holanda Ferreira, citado por Farah (2000, p. 237) define ética como: “*O estudo dos juízos de apreciação referentes à conduta humana suscetível de qualificação do ponto de vista do bem e do mal, seja relativamente a determinada sociedade, seja de modo absoluto*”.

A quantidade de informação produzida ao longo desses anos, a respeito dos avanços atuais da biologia molecular, foi tão grande que alguém que esteja interessado em se atualizar sobre o assunto encontrará dificuldades em localizar textos compreensíveis e com linguagem acessível. Por essa razão, mesmo entre a comunidade

universitária, os conceitos básicos da Engenharia Genética não foram suficientemente disseminados. Portanto, para se obter uma boa informação sobre esse assunto é preciso conhecer um pouco da história e do contexto das descobertas e feitos científicos ocorridos na Genética.

### **3.1 A genética de Mendel**

Yohann Mendel nasceu em 22 de julho 1822 num vilarejo, na Moravia do Norte, em uma família de camponeses muito pobres; sofreu privações excessivas na infância, caindo doente várias vezes. A falta de dinheiro e saúde quase o impediu de realizar seus estudos superiores. Para contornar essas dificuldades, resolveu ingressar no mosteiro agostiniano de São Tomás de Brünn, na Áustria (atualmente República Tcheca), em 1843. Ao ser admitido foi rebatizado, passando a se chamar Gregor Mendel (RONAN, 1987).

A direção do mosteiro exigia que seus membros ministrassem aulas nas instituições de ensino superior de Brünn, para isso, muitos monges realizavam pesquisas científicas com o objetivo de ilustrar suas aulas. Assim que Mendel entrou no mosteiro, foi enviado para a Universidade de Viena a fim de terminar sua formação. Viveu nessa cidade de 1851 a 1853, onde teve a oportunidade de conviver com professores ilustres. Ao regressar ao mosteiro em 1854, iniciou um estudo com o objetivo de entender as leis da hibridação das variedades de vegetais. Assim, o monge Mendel, aos 34 anos começou uma série de experiências com ervilhas, as quais

durariam oito anos e envolveriam o cultivo de trinta mil plantas diferentes – seis mil só em 1860 (MASON, 1964).

Para realizar os experimentos, ele cruzou, em seu jardim no mosteiro, diferentes variedades de ervilhas. Ridley (2001) relata que Mendel não era um jardineiro amador, brincando de cientista; ele realizara experimentos sólidos, sistemáticos e cuidadosamente elaborados. Seu sucesso deve-se a vários fatores: ele trabalhou com plantas que apresentavam características distintas e assim podiam ser facilmente reunidas em grupos bem definidos; as ervilhas se reproduziam rapidamente e geravam grande número de descendentes; havia coletado muitos dados e utilizava a estatística para analisar seus resultados. Além disso, segundo Gardner e Snustad (1987), Mendel observou que as condições do tempo, do solo e a umidade afetavam as características de crescimento das ervilhas, mas a hereditariedade era o principal fator sob as condições de suas experiências.

Mendel escolheu sete pares de variedades de ervilhas para cruzar. Cruzou ervilhas lisas com rugosas, cotilédones verdes com amarelos, sementes de casca marrom com sementes de casca branca, entre outros. Em todos os casos, os híbridos resultantes eram sempre semelhantes a um dos pais, e a natureza intrínseca do outro genitor parecia ter desaparecido. Então, o monge permitiu que os híbridos se autofertilizassem, e as características que haviam desaparecido na segunda geração reapareceram em aproximadamente um quarto dos descendentes da terceira geração. Apesar disso, ele não ficou satisfeito e realizou novas experiências, trocando as ervilhas por brincos-de-princesa, milho e outros vegetais, e encontrando os mesmos resultados; assim, percebeu que havia verificado algo profundo sobre a hereditariedade: as



características não se misturavam, dado esse que deu origem, anos mais tarde, à *lei da segregação*<sup>3</sup>.

Assim, Mendel isolou características discretas cuja hereditariedade pôde ser estudada ao longo de várias gerações. Estas características se mostraram governadas por “unidades de hereditariedade” ou “fatores”, os quais são atualmente conhecidos como genes. Através desses trabalhos Mendel realizou uma de suas maiores descobertas, a do gene recessivo.

O monge cientista descobriu, por exemplo, ao isolar e estudar certos “fatores” (genes), que duas criaturas com as mesmas características físicas (fenótipo), não possuíam necessariamente o mesmo conjunto de “fatores” (genótipo); uma destas criaturas pode ter herdado um gene diferente que não tenha um traço visível, mas que pode reaparecer em gerações posteriores.

Mawer (1987) relata que Mendel apresentou o resultado científico de suas investigações em duas conferências para a Sociedade de História Natural de Brünn nos dias 8 de fevereiro e 8 de março de 1865. Existem duas versões para esses acontecimentos. A primeira relata que as conferências foram assistidas por um público muito pequeno, o que fez com que o monge se limitasse à leitura de seus manuscritos, e, portanto, sua apresentação teria sido considerada pouco interessante. Uma segunda versão relata que o público era numeroso, e ele não só apresentou seus dados como também os demonstrou com fórmulas matemáticas.

Segundo Cruz e Silva (2002), os textos das duas conferências foram publicados em 1866 na revista *Relatórios dos Trabalhos da Sociedade Natural de*

---

<sup>3</sup> Lei da segregação: dois ou mais pares de fatores (genes) segregam-se independentemente durante a formação dos gametas, nos quais se recombina ao acaso (GRIFFITHS, 2001).

Brünn, e algumas cópias foram enviadas para Alemanha, Áustria, Estados Unidos e Inglaterra, porém, a distribuição fora limitada e grandes cientistas da época, como o naturalista Charles Darwin, não tiveram acesso à publicação.

Divergindo do relato acima citado, Mawer (1997) descreve que os resumos das conferências não passaram despercebidos a importantes naturalistas de sua época e cópias foram enviadas para Berlim, Viena, Estados Unidos e Londres (Royal Society e Linneam Society). Nesta mesma época, Darwin apresentava a sua Teoria da Seleção Natural, que atraía todas as atenções dos pesquisadores, na qual detalhava o funcionamento do mecanismo de seleção natural. Darwin acreditava que as características já existentes eram selecionadas pelo ambiente e, deste modo, tentava explicar como surgiam as variações em populações ou como essas características poderiam ser transmitidas de uma geração para a seguinte. Praticamente no mesmo ano da publicação de *A origem das espécies*, em 1859, Mendel testava suas descobertas.

Além de Mawer, muitos autores concluem que não se pode afirmar que Darwin não possuía nenhum conhecimento dos trabalhos de Mendel; na verdade, é possível que Darwin enxergasse a teoria mendeliana como uma explicação fixista (as mudanças de uma geração de indivíduos para outra eram apenas aparentes, pois as características não desapareciam, ficavam apenas “ocultas” em fatores que, mais adiante, voltavam a se manifestar).

Ridley (2001) relata que durante quatro anos, a partir de 1866, Mendel enviou seus artigos e suas idéias a Karl-Wilhelm Nägeli, professor de botânica em Munique. Com ênfase cada vez maior, ele tentou mostrar a importância do que havia descoberto. Mas, durante quatro anos, Nägeli não se deu por convencido, e respondeu

ao monge cartas educadas, condescendes, e aconselhou Mendel a cultivar chicórias, o que fora um conselho muito prejudicial, pois, chicórias são aponúncias, ou seja, precisam de pólen para se reproduzir, mas não incorporam os genes do parceiro de polinização e, portanto, as experiências de cruzamento produzem resultados imprevisíveis. Após muitos esforços com chicória, Mendel desistiu e voltou-se para as abelhas, mas os resultados desses experimentos nunca foram encontrados.

Nägeli, que tinha sido aluno de Darwin, publicou um imenso tratado sobre hereditariedade e não somente deixou de mencionar a descoberta de Mendel, mas mencionou um exemplo como se fosse seu. Ele sabia que, se cruzasse um gato angorá com um gato de outra raça, a pelagem angorá desaparecia completamente na geração seguinte e ressurgiria inata nos filhotes da terceira geração; era um exemplo muito claro de uma característica condicionada por um gene recessivo. Seu livro sobre hereditariedade foi publicado em 1884, e não cita uma única vez Mendel, nem mesmo no capítulo dedicado à hibridação. Entretanto, segundo Baptista (1989), os trabalhos de Mendel tiveram uma certa divulgação e foram citados e analisados na tese de doutoramento de um botânico sueco, A. Blomderg (1872), e na tese de doutoramento de um botânico russo, I. Schmalhausen (1874); também são citados na IX edição da Encyclopaedia Britânica (1881) no trabalho do botânico alemão W. O. Focke, *As plantas híbridas*, de 1881; e através dessa obra De Vries, Correns e Tschermak reencontraram os trabalhos de Mendel.

Gregor Mendel é considerado hoje um notável cientista, e “pai” da genética. De acordo com Gardner e Snustad (1987), Mendel não foi o primeiro a realizar experimentos de hibridação, porém, foi o primeiro a considerar os resultados

em termos de características individuais. Seus predecessores consideravam todos os organismos e todas as suas características observando as diferenças dos pais e de sua prole e esqueciam-se do significado das diferenças individuais. O monge empregou os experimentos necessários, contou e classificou as ervilhas resultantes dos cruzamentos, comparou as proporções com modelos matemáticos e formulou hipóteses para explicar os resultados que obteve.

Ao ser eleito abade, em 1868, foi obrigado a abandonar gradualmente as experiências de cruzamento de plantas e muitos dos seus outros interesses. Além da hereditariedade, Mendel se interessou profundamente por botânica, horticultura, geologia, meteorologia e pelo fenômeno das manchas do sol; deixou contribuições notáveis para o estudo dos tornados. Porém, as tarefas administrativas após 1868 mantiveram-no tão ocupado que ele não pode dar continuidade as suas pesquisas e viveu o resto da vida em relativa obscuridade, morrendo em 6 de janeiro de 1884.

Em 1900 a obra do monge cientista foi revista, adquirindo a importância que lhe era devida. Essa valorização ocorreu graças a três biólogos: o holandês Hugo de Vries (1848-1935), o alemão Carls Correns (1864-1933) e o austríaco Erich Tschermak (1871-1962), que obtiveram resultados idênticos aos de Mendel em seus experimentos e, através de consultas bibliográficas, verificaram que o trabalho do monge sobre hereditariedade tinha sido publicado 35 anos antes de seus próprios estudos. Em sua homenagem, batizaram as leis da hereditariedade de Leis de Mendel, que são tidas como um marco inicial de uma nova ciência que, em 1905, Willian Bateson (1861-1926) denominou “Genética”, a partir de uma palavra grega que significa “gerar”. Segundo Gardner e Snustad (1987), este biólogo inglês repetiu e apoiou os princípios

de Mendel e introduziu a genética mendeliana no mundo de língua inglesa. A partir de então, vários pesquisadores se voltaram para essa área de estudo e fizeram com que a mesma evoluísse até o nível de conhecimento atual.

### **3.2 Considerações históricas sobre o desenvolvimento da genética no século XX**

A cada dia a genética é enriquecida por novas descobertas e as técnicas de engenharia genética apresentam um campo promissor de pesquisas. Esses conteúdos recentes são de grande relevância para a Educação Científica e podem ser interessantes temas a serem abordados no Ensino Fundamental e Médio, pois, a partir de relatos históricos e discussões sobre conceitos científicos, pode-se auxiliar os alunos a melhorar suas idéias sobre a ciência e mostrar que o conhecimento científico não é definitivo, já que as teorias aceitas hoje poderão ser substituídas amanhã, e que o conhecimento científico é construído coletivamente e não por alguns poucos cérebros privilegiados (TRIVELATO, 1995).

As primeiras teorias a respeito da constituição das espécies e sobre a hereditariedade começaram a ser esclarecidas após a descoberta dos gametas masculinos e femininos no século XVII. Foi o holandês Van Leeuwenhoek, em 1675, que identificou o gameta masculino através de uma análise microscópica observando, no sêmen de vários animais, pequenos “*seres que apresentavam cabeça e cauda e se movimentavam*”, e os denominou animálculos, julgando-os os “*animais do sêmen*” (RONAN, 1987). A partir dessas observações, foi postulada a teoria da preformação segundo a qual os organismos se encontravam completamente pré-formados no interior

dos gametas, eram os homúnculos, ou seja, miniaturas de um indivíduo adulto (MASON, 1964).

Após esta teoria, e substituindo-a, surgiu a teoria da epigênese a partir de afirmações de Baer (1792-1876) sobre o surgimento dos órgãos através de séries graduais de transformações originando tecidos cada vez mais especializados. A teoria da epigênese, aceita até os dias atuais propõe que os tecidos e órgãos são formados ao longo do período de desenvolvimento embrionário, e que o indivíduo não se encontra pré-formado no interior dos gametas.

Charles Darwin (1809-1882) também formulou uma teoria sobre a hereditariedade, a teoria da pângenese, segundo a qual todos os órgãos e componentes do corpo humano produzem suas próprias cópias em miniatura infinitamente pequenas, as gêmulas ou pangenes. Galton (1822-1922), após alguns experimentos, concluiu que os pangenes não existiam e, baseando-se na idéia da herança através do sangue, propôs a teoria da herança ancestral que dizia que as características eram transmitidas através do sangue e diluídas em proporções definidas ao longo das gerações (RONAN, 1987).

Conforme já apontado anteriormente, uma das maiores contribuições para a Genética foi dada pelo monge Gregor Mendel (1822-1884). Pela escolha criteriosa de seu material de estudo, a ervilha, que permitiu a utilização de grandes populações e, portanto, o uso da estatística, e pela expressão clara de seus resultados e rigor matemático, estes estudos forneceram dados que deram origem, anos mais tarde, a “Genética Clássica”. Através de um trabalho exaustivo, foi possível estabelecer que as características transmitidas hereditariamente são determinadas por “fatores” presentes nas células sexuais que agem ao longo de toda a vida para que o caractere se manifeste.

Segundo Guérin-Marchand (1999), através dos experimentos com ervilhas, Mendel havia compreendido que todas as células do organismo contêm dois exemplares de cada caractere hereditário, um advindo do pai e o outro da mãe, e que a cada geração estes dois exemplares se repartem ao acaso nas células sexuais. Tais descobertas revolucionariam o mundo da Biologia, porém, esses trabalhos foram valorizados somente após a morte do monge cientista.

Segundo Bizzo (1994) a redescoberta dos trabalhos de Mendel, em 1900, trouxe um grande incentivo para as pesquisas que procuravam localizar experimentalmente as partículas hereditárias e, apesar da descoberta dos cromossomos em 1880 e da descrição da mitose<sup>4</sup> por Walter Flemming em 1879, somente em 1902 Walter Sutton relaciona, pela primeira vez, o comportamento dos cromossomos na meiose e o fenômeno da hereditariedade descrito por Mendel cinquenta anos antes. Ele constatou que as células germinativas traziam apenas um grupo de cromossomos e que estes carregariam as informações hereditárias, então os gametas dos pais forneceriam, cada um, um grupo de cromossomos para formar um ser. Sutton descreve os passos da meiose<sup>5</sup> relacionando-os aos fenômenos de distribuição das características descritos por Mendel (RONAN, 1987).

Para Bizzo (1994), a “genética clássica” teve início em 1908, quando Thomas Hunt Morgan (1866-1945), considerado o pai da genética norte-americana, realizou estudos sobre a mosca do vinagre ou drosófila (*Drosophila melanogaster*), apurando as leis de Mendel. Ele elucidou que a transmissão de alguns caracteres

---

<sup>4</sup> Processo de divisão celular que origina duas células filhas geneticamente idênticas à célula mãe.

<sup>5</sup> Processo de divisão celular capaz de formar células reprodutivas que contém a metade do número de cromossomos das células somáticas.

genéticos era determinada pelo sexo. Seus experimentos enfocavam as mutações que surgiam dentre as numerosas moscas de suas criações e a transmissão dos caracteres novos em sua descendência, e investigações desse tipo foram cruciais para o estudo dos genes (GROS, 1991).

Davies (2001) descreve que as pesquisas de Morgan foram levadas adiante por seus discípulos Alfred Sturtevant, Calvin Brigdes e Hermann Muller, que nos cinco anos a partir de 1910, combinaram os métodos estatísticos rigorosos de Mendel com a análise microscópica minuciosa de Morgan; Sturtevant, inclusive, produziu o primeiro mapa de genes num único cromossomo e este mapa ajudou a estabelecer os fundamentos do Projeto Genoma Humano 75 anos mais tarde.

A partir de 1914, segundo Bizzo (1994), a teoria cromossômica já era aceita pela maioria dos biólogos como um suporte físico indispensável para a compreensão dos fenômenos hereditários.

A publicação do livro de Morgan em 1926, *The Theory of the Gene* (A teoria do Gene), assegura que a herança é devida a unidades transmitidas de genitor para filho, que se comportavam de modo ordenado e regular (BAPTISTA, 1989).

Richard Goldschmidt, em 1937, tentou definir o gene baseando-se na ação fisiológica de desenvolvimento do olho da *Drosophila* e concluiu que os genes existiam como pontos em um cromossomo e estariam dispostos em uma ordem certa para controlar o processo normal de desenvolvimento do olho. Deste modo, as mutações que resultavam em desenvolvimento ocular anormal seriam causadas por perturbações do arranjo correto dos genes nos cromossomos (BURNS e BOTTINO, 1991).



Segundo Gardner e Snustad (1987), foi na década de 1930 que G. W. Beadle, B. Ephurussi, E. L. Tatum, J. B. S. Haldane e outros forneceram uma base para o entendimento das propriedades funcionais dos genes e sugeriram extensões funcionais para o conceito clássico de gene, afirmando que os genes seriam instruções codificadas no DNA para a síntese de proteínas

A técnica de coloração, que permitiu localizar na célula o ácido desoxirribonucléico (DNA), foi inventada em 1927 por um biólogo chamado R. Feulgen, porém, somente em meados da década de 1940 é que o DNA foi identificado como portador da herança. Antes disso, acreditava-se que eram as proteínas cromossômicas que transportavam a informação genética, pois sabia-se que eram moléculas complexas e biologicamente importantes, e pensava-se que o DNA fosse uma molécula curta e simples (BURNS e BOTTINO, 1991).

Nesta mesma década um físico alemão, Max Delbrück, deu início às pesquisas físico-químicas sobre os genes, fundando a genética molecular. Ele lançou a hipótese de que as moléculas constituintes dos genes apresentavam propriedades que permitiam a reprodução idêntica dos genes. Então, em 1944, Oswald Theodore Avery, Colin Macleod e Maclyn MacCarty, através de experiências com linhagens de bactérias, demonstraram que o DNA seria o suporte da informação genética, ou seja, a mensagem da herança era transportada por ácidos nucleicos e não por proteínas.

Em 1948, Erwin Chargaff estudou o DNA profundamente e demonstrou que a composição de nucleotídeos variava de uma espécie para outra, e em todas as espécies havia uma relação quantitativa entre adenina(A) e timina (T), citosina (C) e guanina(G) (BAPTISTA, 1989).

O DNA era, portanto, o suporte da hereditariedade, a matéria dos genes, mas faltava estabelecer a estrutura exata desta molécula, como ela se replicava e como comandava as proteínas.

Também em 1948, Boinvin, Vendrely e Vendrely analisaram os núcleos das células de vários órgãos de boi e descobriram que o núcleo de todas as células continham o mesmo conteúdo em DNA, que se reduzia a metade nos espermatozóides (GROS, 1991).

Em 1950, Linus Pauling e Corey criaram o modelo “alfa-hélice” para representar a estrutura molecular de uma proteína, também representaram um modelo de estrutura do DNA com três cadeias polinucleotídicas enroladas em torno de um eixo, com as bases nitrogenadas voltadas para o exterior da molécula (RIDLEY, 2001).

O mistério da replicação começou a ser resolvido na década de 1950, quando James Watson e Francis Crick, que partilhavam a convicção de que o DNA era mais importante para a hereditariedade que as proteínas, e estavam obcecados por descobrir as propriedades dos genes, elucidaram a estrutura em dupla hélice do DNA e construíram um modelo exato desta molécula, graças a estudos anteriores de seus amigos Maurice Wilkins e Rosalind Franklin sobre o espectro de difração de raios X sobre filamentos de DNA.

A partir de modelos das bases nucleotídicas em cartolina, Watson arranhou as bases em diferentes permutações, percebeu que a timina (T) fazia par com a adenina (A), e a citosina (C), com a guanina (G); esses pares poderiam ser unidos por duas ligações químicas fracas e se juntavam dentro das colunas metálicas torcidas do

modelo da dupla hélice sugerido por Crick, de maneira que formavam um molde para a síntese de uma nova cadeia, permitindo replicar o material genético (DAVIES, 2001).

Em 25 de abril de 1953, James Watson, Francis Crick, Maurice Wilkins e Rosalind Franklin publicam na revista *Nature* artigos que sustentavam a estrutura em dupla hélice para o DNA (TEIXEIRA, 2000).

Segundo este modelo, o DNA seria uma longa molécula filamentosa formada por duas cadeias que se torciam uma sobre a outra, formando uma dupla hélice, como uma escada em caracol. Cada cadeia (ou fita) da dupla hélice seria constituída pelo encadeamento de unidades nucleotídicas formadas por um açúcar (a desoxirribose), um grupo fosfato, e uma base nitrogenada (adenina, citosina, guanina e timina); as duas cadeias se uniriam através de pontes de hidrogênio que estabeleceriam a coesão das duas fitas.

Segundo Ridley (2001) muitos anos de confusão seguiram à descoberta da estrutura do DNA; tinha-se a certeza que a afirmação estava armazenada num código de quatro letras (A, T, C, G), mas não se sabia como o gene se expressava. Crick queria deduzir o código genético e tentou isso de várias formas, até que propôs que um código de quatro letras resultava em um alfabeto de vinte letras, porém, relatou que os argumentos empregados nesta dedução eram precários e puramente teóricos. Logo mais se verificou que haveria um intermediário entre a seqüência de aminoácidos ao longo da proteína e a seqüência de nucleotídeos encontrada no DNA, e esse foi o primeiro passo para a compreensão da complexa síntese de proteínas (RIDLEY, 2001).

Em 1956, Jo Hin Tjio e Albert Levan anunciaram que os seres humanos possuíam 46 cromossomos; esses e outros pesquisadores desenvolveram métodos

aperfeiçoados que tornaram possíveis as observações dos cromossomos humanos ao microscópio, e isso muito auxiliou na compreensão de distúrbios genéticos humanos; assim, em 1959, Jérôme Lejeune e Marthe Gauthier mostraram pela primeira vez que os portadores da síndrome de Down possuíam 47 cromossomos.

Ainda não se sabia se eram os genes que sintetizavam diretamente as proteínas. Então em 1961 Brenner e seus colaboradores reconheceram que as instruções no código genético eram transportadas para fora do núcleo da célula por uma cadeia transitória de ácido ribonucléico (RNA); este RNA seria um mensageiro que transportava a informação para o ribossomo, onde seria “lida” para gerar uma proteína. O RNA seria formado por uma única fita e cada nucleotídeo seria composto por um açúcar (a ribose), um fosfato e uma base nitrogenada (adenina, guanina, citosina e uracila). A identificação do RNA mensageiro forneceu a chave para decifrar o código genético. Utilizando esses dados, Nirenberg produziu o primeiro RNA sintético, feito inteiramente da base uracil, que é usada no RNA sempre que encontra a adenina no DNA, produzindo uma proteína composta inteiramente de um único aminoácido, a fenilalanina.

Nessa mesma época, os biólogos Sidney Brenner, James Watson, George Gamov e Marshall Nirenberg, liderados por Francis Crick, estabelecem o princípio: segundo o qual “DNA produz RNA que produz proteína”.

A partir daí observou-se uma verdadeira revolução tecnológica na Biologia Molecular, tendo início, segundo Wilkie (1994), quando Hamilton Smith da Universidade de Johns Hopkins, em Baltimore, isolou na bactéria *Hemophilus influenzae* uma enzima que agia como uma “tesoura molecular”, reconhecendo uma

seqüência específica de pares de base e cortando os fragmentos de DNA sempre no mesmo local. Nesta mesma época, foi criada a técnica de eletroforese em gel que permitia ordenar os fragmentos de DNA segundo seu comprimento. Assim, os cientistas passaram a dispor de uma forma de identificar um trecho específico de DNA.

André Lwoff, François Jacob e Jacques Monod descreveram, em 1965, os mecanismos relacionados com a ativação de genes (GROS, 1991).

O primeiro DNA recombinante foi construído em 1970, ano de início da revolução tecnológica da biologia molecular, por Paul Berg, da Universidade de Standford na Califórnia, auxiliado por David Jackson e Robert Symons. Eles emendaram um pedaço de DNA bacteriano ao de um pequeno vírus animal, produzindo um DNA quimérico. Essa construção foi um sucesso, mas eles não sabiam como multiplicá-la e mantê-la em grandes quantidades. Esse problema foi resolvido, em 1973 quando Stanley Cohen, da Universidade de Standford, Califórnia, e Herbert Boyer, de São Francisco, criaram novas possibilidades para a construção de uma molécula de DNA recombinante em um tubo de ensaio. Desta forma, seria possível isolar um trecho de DNA, inseri-lo em uma bactéria para multiplicá-lo e obter grande quantidade de exemplares idênticos ao fragmento de origem, os “clones” (POLLACK, 1997).

A tecnologia do DNA recombinante ou Engenharia Genética permitiria otimizar e incrementar características presentes nos organismos ou forçá-los a produzir novas substâncias de interesse.

### **3.3 Avanços recentes em biologia celular e molecular**

A engenharia genética foi definida, no começo da década de 1970, como sendo técnicas de transferência de um gene de um organismo a outro por meio de um vetor com a possibilidade de replicação e expressão; assim formava-se um DNA recombinante.

Conforme mencionado anteriormente, em 1973, Stanley Cohen da Universidade de Standford, na Califórnia, juntamente com Herbert Boyer, de São Francisco, constroem um DNA recombinante com fragmentos de dois plasmídeos (DNA circular encontrado em bactérias) e o introduz em células da *Escherichia coli*. À medida que estas células se multiplicavam, o DNA recombinante era multiplicado juntamente com o DNA bacteriano - surge, então, a técnica do DNA recombinante (POLLACK, 1997). A partir disso foi possível inserir genes de insulina humana em bactérias *Escherichia coli*, desenvolvê-las em cultura e colher a insulina humana pura (FARAH, 2000). Esta insulina foi liberada para o consumo humano pelo Ministério da Saúde dos Estados Unidos da América em 1982.

A primeira proteína obtida pela expressão de um DNA recombinante foi a somatostatina, em 1976, produzida pelos cientistas Keiich Itakamuta, Herb Boyer, Francisco Bolívar e colaboradores. Esses cientistas montaram em Genebra uma das principais companhias de biotecnologia, a Genotech, e dois anos depois anunciaram êxito na produção do hormônio do crescimento (WILKE, 1994). Isto tornou o uso da biologia molecular na indústria uma realidade. Em 1984 foi aprovada para ser produzida em escala industrial, por meios de técnica de engenharia genética, a insulina humana, utilizada no tratamento de diabetes.

Atualmente, as técnicas de DNA recombinante ou engenharia genética são utilizadas como base em muitas indústrias, na produção de raros e valiosos fármacos - muitos deles baseados em receitas tomadas diretamente do DNA humano -, no diagnóstico de várias doenças genéticas ou na produção de gêneros alimentícios.

Tais técnicas passaram a ser intensamente utilizadas a partir de 1978, quando uma equipe de pesquisadores liderada por Tom Maniatis anunciou que havia criado uma “biblioteca” de genes humanos, cortando o DNA humano com enzimas de restrição, inserindo os fragmentos em bacteriófagos vetores e cultivando-os em *Escherichia coli*.

A partir de 1980, o processo de seqüenciamento do DNA foi automatizado inicialmente por Leory Hood, do Instituto de Tecnologia da Califórnia, e uma nova técnica permitiu produzir bilhões de cópias de um único fragmento de DNA, sem o incômodo de introduzi-lo num vetor por meio de engenharia genética e multiplicá-lo em bactérias (BURNS e BOTTINO, 1991). Tal fato favoreceu o interesse em se tentar obter a seqüência completa do genoma humano. Em 1986, o Projeto Genoma Humano foi proposto, sendo lançado oficialmente em outubro de 1990, com os objetivos de mapear e seqüenciar todos os genes presentes no genoma humano (FARAH, 2000).

Em 26 de junho de 2000, cinco anos antes do previsto, ocorreu o anúncio conjunto, entre a empresa privada norte-americana Celera, o governo norte-americano e o governo inglês, do seqüenciamento completo de DNA humano.

A engenharia genética possibilitou também a modificação, ou a manipulação genética, de plantas e animais, uma prática tão antiga quanto a própria

civilização. Antes da existência dessas técnicas, um organismo era melhorado por meio de seleções longas e caras. Selecionar as sementes mais convenientes para o plantio na próxima safra não deixa de ser um experimento genético, mesmo antes que os agricultores tivessem consciência disso.

Das mutações que ocorrem casualmente em plantas e animais, o homem tem selecionado aquelas que lhe são úteis ou interessantes e, por meio de engenhosos esquemas de cruzamento, essas características têm sido preservadas e estabelecidas. Dessa forma, a manipulação genética dos seres vivos tem sido realizada pela seleção de determinados fenótipos. A seleção cumulativa de características desejáveis, geração após geração, originou a diversidade hoje observada nos animais domésticos e nas plantas cultivadas. A batata, o milho, o feijão e outros tipos de alimentos foram sofrendo processos de melhoramento ou aperfeiçoamento genético que permitiram torná-los não só mais agradáveis ao paladar, como também mais nutritivos e, em alguns casos, transformá-los em alimentos ricos e saudáveis, como é o caso da batata e do feijão.

Segundo Farah (2000), inicialmente o processo de melhoramento genético era realizado de modo empírico. Entretanto, após a Segunda Guerra Mundial, a melhor compreensão dos princípios genéticos de plantas e animais atingiu um nível profissional e, com isso, inúmeros sucessos foram alcançados. Surgiram, então, as plantas e animais geneticamente modificados e os organismos transgênicos. É importante ressaltar que nem todos os produtos geneticamente modificados são considerados produtos transgênicos, pois podem apenas ter sofrido alteração no seu DNA sem ter tido a incorporação de genes de uma espécie distinta. De acordo com



Farah (2000, p. 271): “*Transgênico é um termo usado para designar um organismo que carrega um gene exógeno incorporado de forma estável em seu genoma, tanto nas células somáticas como germinativas, o qual se expressa em um ou mais tecidos, e é transmitido para as gerações futuras segundo as leis de Mendel*”. O termo transgênico foi utilizado pela primeira vez por Jon Gordon e Frank Ruddle em 1982.

O primeiro organismo transgênico espetacular foi um camundongo gigante criado por Palmiter, Brinster e Hammer nos Estados Unidos, em 1982, e a primeira planta transgênica data de 1983. Experimentos liderados pelo Dr. Roger Beachy, da Universidade de Washington, em 1986, em plantas de tabaco, visavam criar plantas transgênicas resistentes a vírus.

Em maio de 1994, foi lançado, no mercado americano, um fruto da biotecnologia, desenvolvido pela companhia Calgene: o tomate Flavr-Savr, que amadurecia mais lentamente que o tomate natural; este produto foi considerado tão seguro que não exigia uma etiqueta que o discriminasse como sendo um produto criado pela engenharia genética (FARAH, 2000). Somente em 1997, treze milhões de hectares foram cultivados com plantas geneticamente modificadas em todo o mundo e, no ano de 1998, aproximadamente cinquenta dessas plantas receberam autorização para serem comercializadas.

Segundo Farah (2000), apesar da grande campanha contrária realizada pelos ambientalistas, a biotecnologia de plantas continua se desenvolvendo. Apenas nos Estados Unidos, no ano de 1994, existiam 486 campos de testes de plantas transgênicas e, no Canadá, no início de 2000, 43 produtos agrícolas criados pela engenharia genética,

como milho, canola, batata, tomate, abóbora, soja e algodão, receberam aprovação para serem comercializados.

Além de estudos com plantas e animais, reina hoje uma intensa atividade na área da transferência de genes para o homem: a terapia gênica e diversas tecnologias que têm, em comum, um novo conceito terapêutico, ou seja, a introdução de material genético para atuar na causa fundamental da doença, o gene. Tais processos se baseiam no reparo ou substituição de um gene defeituoso visando o tratamento e a cura de uma doença através da transferência de genes às células somáticas, ocasionado apenas modificações não transmissíveis à descendência. Embora esta seja a possibilidade teórica mais promissora para o tratamento das doenças genéticas, muitas dificuldades técnicas ainda deverão ser superadas antes que a transferência de genes para células somáticas humanas, com fins terapêuticos, torne-se uma rotina.

As primeiras tentativas de transferência de genes, audaciosas e ilegais, foram realizadas nos Estados Unidos a partir de 1973. Elas fracassaram, mas tiveram o mérito de evidenciar a complexidade do empreendimento, assim como a necessidade de estabelecer relações multidisciplinares e leis que protegessem os pacientes contra protocolos terapêuticos precipitados e pouco rigorosos. Foi decidido, desde então, que todos os projetos seriam submetidos a instâncias encarregadas de analisar a qualidade dos protocolos e as condições de sua aplicação. Essa preocupação iniciou-se no ano de 1975, quando foi organizada a Conferência de Asilomar, proposta pelo bioquímico Paul Berg, da Universidade de Stanford, realizada no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Essa Conferência reuniu cientistas do mundo todo no Centro de Convenções de Asilomar, com a finalidade de se debaterem à exaustão os riscos e as medidas de

prevenção, entre outros, quanto à possibilidade de "criação de novos biótipos nunca antes vistos na natureza", em experimentos de manipulação genética.

Esta reunião científica decorreu da proposta de moratória nas pesquisas que envolvessem manipulação genética, realizada em 1974 por um grupo de pesquisadores, proposta esta que foi publicada simultaneamente nas revistas *Nature* e *Science*.

Durante esta conferência, ficou decidido que as experiências envolvendo técnicas de DNA recombinante deveriam se enquadrar em severas medidas de segurança (FARAH, 2000).

A reunião de Asilomar é um marco na história da ética aplicada à pesquisa, pois foi a primeira vez em que se discutiram os aspectos de proteção aos pesquisadores e demais profissionais envolvidos nas áreas onde se realizava a pesquisa. Além disso, foi ali promulgada a necessidade de se manterem sob rigorosas condições de proteção e de isolamento todos os experimentos de recombinação genética e organismos deles resultantes, pelo tempo necessário à produção de certezas de que não seriam nocivos à humanidade e ao meio ambiente.

A partir dessa Conferência, foram estabelecidos novos modelos e procedimentos normativos, visando o controle de possíveis riscos advindos desta nova tecnologia. Foram estabelecidas também as primeiras regras para o controle de riscos da tecnologia do DNA recombinante estabelecidas pelo Instituto de Saúde dos Estados Unidos (National Institute of Health- NIH). Essas regras foram norteadoras dos procedimentos de avaliação de risco para novos produtos biotecnológicos e

estabelecidas, posteriormente, em todo o mundo, objetivando o desenvolvimento seguro desta tecnologia e a incorporação de seus benefícios pela sociedade.

Igual regulamentação ocorreu em relação às plantas e animais transgênicos a fim de minimizar os possíveis riscos à saúde humana ou impactos indesejados ao ambiente. Uma vez que o transgênico é criado no laboratório, são necessários testes de campo para comprovar sua segurança antes da liberação do produto para fazendeiros e criadores.

As restrições às plantas transgênicas variam de país para país. A Europa, por exemplo, é mais resistente a aceitar a biotecnologia de plantas do que os Estados Unidos. A Comunidade Européia, em dezembro de 1994, votou a favor de serem realizados testes de alguns produtos em escala limitada, porém banuiu o uso comercial desses produtos até 1999.

Em decorrência disso, promoveu-se uma moratória ao uso dos processos da engenharia genética até a obtenção de técnicas que não trouxessem riscos ao homem e ao meio ambiente. No Brasil, após intensos debates, foram propostas normas e leis de biossegurança, estabelecidas pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio).

Segundo Farah (2000), os testes de campo apontaram riscos muito baixos, porém, as pesquisas sobre segurança encontram-se no início e muitas questões ainda não foram respondidas. Entretanto, de acordo com a autora, em alguns países a preocupação com o meio ambiente está relegada a um segundo plano diante das necessidades de aumento da produção, como é o caso da China, que tem se declarado

“disposta a assumir alguns riscos”, e realiza testes em milhares de hectares com plantas transgênicas como tabaco, tomate e arroz.

Outro ponto que devemos ressaltar a respeito da produção de organismos transgênicos é que o público em geral precisa dispor de informações a respeito desses assuntos, pois projetos que visem o desenvolvimento dos referidos organismos envolvem questões éticas, políticas, sociais e econômicas, razões que evidenciam a importância da abordagem desse tema no currículo e promova, entre os alunos, uma visão crítica e participativa, pois chegará o momento em que o emprego da engenharia genética necessitará da aprovação por parte dos cidadãos.

Para Farah (2000), a evolução da engenharia genética parece um caminho sem volta, e as decisões que são tomadas hoje terão um impacto real nas gerações futuras. Por isso, segundo a autora, os Estados Unidos entendeu que a melhor forma de disseminar a informação genética é atuar hoje junto aos alunos da escola primária, dessa forma, programas especiais estão sendo desenvolvidos neste sentido.

Além da produção de transgênicos, as modernas técnicas de biologia molecular permitem, atualmente, até mesmo a clonagem de mamíferos, modificando conceitos hegemônicos relacionados à reprodução e abalando paradigmas da biologia como a reprodução sexuada como única forma de reprodução entre mamíferos.

A clonagem ocorre naturalmente em organismos como bactérias e plantas. A etimologia do termo nos remete à técnica de enxerto de um ramo (*klon*, em grego) de uma planta em outra. Hoje a clonagem passou a significar “cópia idêntica de moléculas, células, tecidos e mesmo a formação de um novo ser sem a fusão de espermatozóide e óvulo”. A prática de clonagem tornou-se rotina em organismos vivos

vegetais e revolucionou as lavouras e plantações, multiplicando a capacidade de produção de alimentos, sua estocagem e comercialização e trouxe também a possibilidade de salvar espécies vegetais e animais ameaçadas de extinção.

Artificialmente a clonagem pode ser feita em laboratório de duas maneiras: separando-se as células de um embrião em um estágio inicial de desenvolvimento ou substituindo-se o núcleo de um óvulo pelo de uma célula adulta. Este último procedimento teve grande impacto na comunidade científica e grande repercussão na mídia, originando a ovelha Dolly, criação anunciada em 23 de fevereiro de 1997 pelo pesquisador escocês Ian Wilmut.

A clonagem de animais foi realizada cientificamente pela primeira vez, em 1952, com girinos (formas larvais de sapos e outros anfíbios), por Robert Briggs e Thomas King. Em 1970 foram clonados embriões de rato, em 1979 embriões de ovelhas e, em 1980, foi a vez dos embriões de gado.

A partir de então, este tipo de clonagem foi considerado tecnologia avançada em veterinária e reprodução pecuária. Países como França, Estados Unidos e Canadá já fazem uso comercial dessa tecnologia patenteada.

Ian Wilmut anunciou o sucesso com a ovelha Dolly como um possível grande salto qualitativo em clonagem, pois, enquanto os clones anteriores eram feitos com células embrionárias, Dolly foi obtida através de um célula diferenciada, a célula mamária. Esta célula foi levada a um estado de dormência e seu núcleo tornou-se passível de reprogramação; em seguida, o núcleo do óvulo da ovelha receptora foi removido e recebeu o núcleo retirado da célula mamária, através de microinjeções e manipulação, sob a indução de uma descarga elétrica controlada, obtendo-se, assim, um

embrião que foi implantado no útero de uma terceira ovelha, gestante, que pariu Dolly. Antes desse feito, foram realizadas 277 tentativas que fracassaram.

Este tipo de clonagem dispensa o gameta masculino para a reprodução e aponta para a possibilidade de retornar uma célula diferenciada ao estágio de indiferenciada. Deste modo, uma célula somática, em determinadas condições, pode reativar todos os seus genes e gerar um novo ser. A partir daí, questões éticas ganharam maior ênfase, principalmente, considerando-se que, teoricamente, do ponto de vista técnico, é possível obter um ser humano via os mesmo procedimentos utilizados na obtenção da ovelha Dolly. Segundo Farah (2000, p. 237), a engenharia genética *“não criou os problemas éticos relacionados com a genética humana, mas certamente veio exacerbá-los ainda mais”*. Cabe ressaltar, porém, que as questões éticas se aplicam à vida em geral e não devem se restringir aos casos que envolvam seres humanos.

A preocupação com a abordagem das questões éticas dos processos de clonagem não é recente. Desde a década de 1970, vários autores têm discutido diferentes questionamentos a respeito dos aspectos éticos envolvidos em tais procedimentos. Paul Ramsey, em 1970, propôs a importante discussão sobre a questão da possibilidade da clonagem substituir a reprodução pela duplicação. Esta possibilidade reduziria a diversidade entre os indivíduos com o objetivo de selecionar características específicas de indivíduos já existentes. Isto teria como consequência a perda da individualidade com a possível despersonalização destes seres humanos.

Andrew Varga, em 1983, levantou outras questões éticas, como as associadas à produção de clones de plantas e animais destinados ao consumo humano ou à produção de outros produtos; uma vez que estes procedimentos podem causar

impactos na redução da diversidade da flora e da fauna, além dos outros possíveis problemas que poderão decorrer da sua utilização.

Em 1977, o professor Benhard Haering, da academia Alfrosiana de Roma, já discutia outra questão: a relativa e possível seleção de indivíduos gerados. Uma vez que existia possibilidade de clonar seres humanos, caso fossem observadas anomalias nos clones, estes poderiam ser eliminados, pois novos indivíduos poderiam ser produzidos até atingir-se o objetivo desejado, caracterizando uma forma de eugenia.

A palavra eugenia foi criada em 1865 pelo cientista inglês Francis Galton para descrever o melhoramento das espécies por meio da reprodução seletiva. Porém, esta palavra tornou-se uma expressão assustadora após a Segunda Guerra Mundial, quando foram cometidos crimes atrozes, e após ações discriminatórias adotadas nos Estados Unidos, nas décadas de 1920 e 1930, em nome do movimento eugênico e do melhoramento da raça humana (FARAH, 2000).

A primeira lei dispendo sobre eugenia, no mundo, foi promulgada nos Estados Unidos em 1924 e vigorou até 1965; esta lei pretendia alterar toda a composição étnica e racial deste país, para satisfazer padrões estabelecidos pelos defensores da eugenia.

Em 14 de julho de 1933 Adolf Hitler decretou, na Alemanha, a Lei de Saúde Hereditária, usada como o primeiro passo de um programa eugênico de eliminação em massa das “raças inferiores”, e que culminou no massacre de 6 milhões de judeus nos anos que se seguiram.

Técnicas de engenharia genética poderiam suscitar novas formas de eugenia. Por exemplo, uma reportagem na edição da revista Veja de 3 de novembro de



1999 traz título e frases tais como aos seguintes: “Bebês pré-fabricados: clínicas brasileiras já oferecem óvulos e sêmen para produzir crianças sob encomenda”, “Em busca do bebê perfeito: nas butiques de sêmen já é possível escolher o sexo do bebê e selecionar embriões”, “O Brasil está entrando na era dos superbebês”.

Uma edição da Revista da Folha de São Paulo, dominical, de 26 de dezembro de 1999, anuncia, em sua capa, que “métodos de fertilização artificial criam um novo mercado onde um óvulo de mulher alta, loira e inteligente vale até US\$ 50 mil”, e as oito páginas sobre esse tema apresentam depoimentos sobre a doação de óvulos em troca de dinheiro ou tratamento de saúde. Isso revivifica a eugenia, portanto, através da busca de um bebê perfeito, que, segundo se subentende, deve originar uma pessoa alta, loira e inteligente; em outras palavras, incentivam-se aplicações da ciência e da tecnologia que objetivam “melhorar” a carga genética da espécie humana. Devemos atentar também para o fato de se “vender óvulos” e se “comprar”, em uma “butique de sêmen” um bebê selecionado; ou seja, as novas técnicas da engenharia genética trazem a público não apenas as discussões referentes a novas formas de eugenia como também interesses econômicos subjacentes.

Segundo Tognolli (2003) “se a seqüência do DNA humano são a base para futuras terapias, então a propriedade exclusiva de tal seqüência representará dinheiro no banco”.

Através dos avanços científicos recentes várias questões econômicas podem ser suscitadas.

Segundo Lewontin (2000)<sup>6</sup>, o Projeto Genoma Humano é, de fato, mais uma organização administrativa e financeira do que um projeto de pesquisa; ele foi criado “objetivando captar altíssimas somas de fundos públicos e dirigindo o fluxo desses fundos para um imenso programa de pesquisa cooperativa”. Os gastos para seqüenciar o genoma humano, segundo o autor, são estimados, de forma otimista, em 300 milhões de dólares, sem se incluírem os custos de desenvolvimento; porém, este projeto é apenas o começo, já que centenas de milhões devem ser gastos na busca de diferenças no DNA para cada doença genética específica, sendo que há hoje 3 mil doenças genéticas conhecidas. Este autor afirma que “vários geneticistas moleculares de reputação são fundadores, diretores, agentes e acionistas de empresas comerciais de biotecnologia, incluindo os fabricantes de suprimentos e de equipamentos usados na pesquisa das seqüências do genoma”.

Observa-se que os descobrimentos da biologia molecular e da engenharia genética apresentam imensas possibilidades de lucros privados; uma revista de negócios, por exemplo, a revista Exame, trouxe em sua capa, de 31 de maio de 2000, a manchete “Genética, o negócio da vida”, e durante a reportagem enfoca o montante movimentado pelo setor com frases como: “o projeto genoma promete uma revolução ainda maior que a dos bits na economia e no mundo dos negócios e traz uma infinidade de dilemas éticos”.

Grã-Bretanha e Estados Unidos, que lideram as pesquisas do Projeto Genoma Humano, organizaram uma comissão para investigar o mau uso das informações sobre o código genético humano, identificando riscos de discriminações e

---

<sup>6</sup> LEWONTIN, R. It ain't necessarily so: The dream of the human genome and other illusions. New York: New York Review of Books, USA, 2000.

preconceito. Uma das maiores preocupações dos britânicos refere-se aos portadores de mutações genéticas associadas a doenças, já que essas pessoas poderão enfrentar riscos de desemprego e discriminação por parte das seguradoras de saúde. Outra prioridade dessa comissão seria a utilização dos exames de DNA em processo de admissão de funcionários; o Ministério da Defesa britânico, por exemplo, chegou a iniciar em 1999 um programa para identificar, entre seus funcionários, os portadores do gene da anemia falciforme, porém acabou desistindo dessa polêmica medida. Outro tema analisado é o direito de patentear genes humanos, pois empresas pretendem comercializar as informações que começam a ser reveladas (TOGNOLLI, 2003).

Neste contexto, discussões éticas ganham ênfase, já que os conhecimentos disponíveis podem ser muito úteis na prevenção de doenças, porém, quando mal utilizados, representam uma forma de invasão de privacidade, discriminação e exclusão; além disso, os genes, sendo patrimônio da humanidade, não poderiam ser transformados em mercadoria.

Temas como estes são propícios a serem tratados no ensino de biologia e podem subsidiar a prática pedagógica, apontando a necessidade de se abordar temas polêmicos de forma crítica.

Para Canal (2003), as questões éticas, geradas pela aplicação de novas tecnologias na genética humana, deveriam servir como estímulo para que toda a sociedade se envolvesse na discussão e participasse das discussões sobre que caminhos serão dados à engenharia genética.

A engenharia genética apresenta, para muitos, um potencial tão positivo quanto assustador. Para Farah (2000), muitas notícias veiculadas pela imprensa não

especializada trazem previsões sensacionalistas sobre os riscos do DNA recombinante, destacando a possibilidade de se criar “Frankensteins” ou o extermínio da raça humana caso um vírus letal escapasse do laboratório. Porém, segundo a autora, após vinte anos de intensas pesquisas em Engenharia Genética, desenvolvida no mundo todo por milhares de laboratórios, existem evidências de que essa tecnologia é segura, já que nenhum acidente comprometendo a segurança de pesquisadores ou do público foi reportado até a os dias atuais.

Portanto, as discussões atuais a respeito desse assunto voltam-se principalmente para problemas e decisões éticas, que deverão ser discutidos e assumidos, e somente uma sociedade bem informada sobre o assunto será capaz de assegurar que as tecnologias em questão sejam empregadas de maneira ética e humana.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. O ENSINO DE GENÉTICA NA ESCOLA MÉDIA**

Este capítulo foi escrito na intenção de apresentar um panorama geral sobre o ensino de Biologia, especificando o ensino de genética quanto aos objetivos, conteúdos e métodos de ensino, de acordo com as Propostas Curriculares Nacionais e as recentes pesquisas sobre esta área.

A partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB – (Lei 9.394 promulgada em 20/12/1996) o Ensino Médio passou a ser parte integrante da Educação Básica, portanto, parte da formação por que todo jovem brasileiro deve passar.

Visando a promoção de uma aprendizagem permanente desse jovem e a construção da cidadania diante das relações sociais que se modificam a todo o momento, o currículo do Ensino Médio precisa ser pensado de modo a capacitar os

jovens para enfrentar as exigências da sociedade do século XXI, do mercado de trabalho e de consumo.

Nos últimos anos, presenciamos um avanço científico inigualável. A ciência está cada vez mais presente no cotidiano da população em geral e intervindo no mundo e nos seres vivos, levantando discussões sobre a aplicação dos conhecimentos científicos que estão sendo produzidos em ritmo acelerado.

Não raras vezes, assuntos biológicos são discutidos em jornais e revistas de circulação nacional ou são temas de programas de entrevistas veiculados na televisão e no rádio. Para opinar sobre esses assuntos e até mesmo interpretá-los, os cidadãos necessitam de uma base de conhecimentos sólidos que precisam ser transmitidos e discutidos pela Escola Básica.

Percebe-se que esse contexto pode influenciar a escolha de conteúdos a serem ensinados em Biologia, no Ensino Médio, no intuito de atender aos objetivos educacionais estabelecidos pelo Conselho Nacional da Educação – CNE – (Parecer nº 15 de 1998) para a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias<sup>7</sup>. Entre esses objetivos, há aspectos da Biologia que almejam a construção de uma visão de mundo, permitindo a formação de conceitos, a tomada de decisões e a “posição cidadã”.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM- (Brasil, 1999) a aprendizagem na área de Ciências da Natureza indica não apenas a compreensão como também a utilização pelos alunos de conhecimentos

---

<sup>7</sup> O PCNEM (Brasil, 1999, p. 104-109) agrupa as disciplinas por áreas de conhecimento visando contemplar competências e habilidades valorizadas pela LDB.

científicos para explicar o funcionamento do mundo e para que possam intervir na realidade ao planejar, executar e avaliar suas ações.

O PCNEM (Brasil, 1999, p. 209) relata ainda que: “...*é preciso prover os alunos de condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada, o que inclui uma compreensão mínima das técnicas e dos princípios científicos em que se baseiam*”. Apontam também que a aprendizagem disciplinar de Biologia é articulada e inseparável das demais ciências, exigindo a compreensão, por exemplo, de condições geológicas e ambientais e de conhecimentos de natureza social e econômica.

O principal objeto de estudo da Biologia é a vida em todas as suas manifestações e diversidade, e para compreendê-la, faz-se necessário estudar as interações ambientais e físicas que influenciam um sistema vivo e as interações deste com os demais componentes do meio.

Segundo os PCN+EM (Brasil, 2002), uma das finalidades do estudo das Ciências Biológicas é propiciar meios para que os educandos dominem conhecimentos biológicos para compreender os debates contemporâneos e deles participar, e conclui que:

“... aprender Biologia na Escola Básica permite ampliar o entendimento sobre o mundo vivo e a incomparável capacidade que o ser humano possui de intervenção no meio... essa ciência pode favorecer o desenvolvimento de modos de pensar e agir que permitam aos indivíduos se situar no mundo e dele participar de modo consciente e conseqüente”  
(p. 34 )

Portanto, o ensino de Biologia tem a finalidade de estimular os estudantes a observar, conhecer, investigar e discutir os fenômenos naturais para que

possam intervir conscientemente em sua própria vida; e também desenvolver nos educandos capacidades específicas que lhes permitam compreender a diversidade e evolução da vida na Terra, o desequilíbrio ambiental, a importância da conservação do ambiente, os cuidados com sua saúde e seu próprio corpo, questões de saneamento básico, lazer, entre outras.

O desenvolvimento, por exemplo, da Genética, da Biologia Molecular, das tecnologias de manipulação do DNA e da clonagem levam à discussão sobre os aspectos éticos envolvidos na utilização e aplicação dos conhecimentos científicos e tecnológicos, apontando para reflexões e tomadas de decisão perante a intervenção humana no mundo contemporâneo. Para o posicionamento consciente diante de tais assuntos, é preciso conhecer a estrutura molecular da vida, os mecanismos de transmissão genética e conservação de determinadas características, ou ainda o aparecimento de anomalias ou mutações que contribuem e modificam a diversidade da vida existente no planeta.

A partir dos apontamentos realizados, nota-se que o ensino de Biologia almeja ampliar as possibilidades de compreensão e participação efetiva no mundo atual, através de uma contextualização dos assuntos relacionados a essa ciência, inseridos no dia-a-dia do aluno, buscando ultrapassar a mera memorização reduzida a uma repetição automática de conceitos abordados em avaliações formais aplicadas pelo professor.

O PCN (Brasil, 1999) relata que o ensino de Ciências tem sido freqüentemente apresentado de forma desinteressante e pouco compreensível, e geralmente abordam-se conhecimentos por meio de definições e classificações



estanques que o professor exige que os alunos decorem e isso dificulta a aprendizagem significativa.

Para Trivelato (1988), é preciso que a Biologia seja vista por alunos e professores não como um conjunto de descrições, informações ou aplicações remotas de conceitos, mas sim como a análise de casos concretos que se ampliam em generalizações: *“Será preciso também que os alunos reconheçam que a pesquisa científica tem como objetivo precípua procurar maneiras de melhorar a qualidade de vida. Como cidadãos, os alunos devem preparar-se para consumir os produtos da ciência, discutir suas implicações e influenciar seus caminhos.”* (p. 59)

Urge, portanto, a necessidade de se abandonar a forma livresca de estudar Biologia e propor a investigação de situações concretas, que exijam a aplicação dos conhecimentos sistematizados que são ensinados na Escola. É preciso promover, durante o ensino médio, o desenvolvimento de conhecimentos práticos e contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea e que contribuam para uma visão geral de mundo.

A importância da contextualização no Ensino das Ciências é muito enfatizada no PCNEM (Brasil, 1999): para que ganhe contexto e realidade, a discussão da biodiversidade e da codificação genética da vida, por exemplo, deve estar associada a problemas atuais como manipulação genética e cultivo de transgênicos. Dar oportunidade aos estudantes para conhecerem e se posicionarem diante desses assuntos é parte necessária da função da educação básica.

O Conselho Nacional da Educação (CNE) através da Câmara de Educação Básica (CEB) instituiu as Diretrizes curriculares Nacionais para o Ensino

Médio, através do Parecer CNE/CEB nº 15/98 e Resolução CNE/CEB nº 03/98 com o objetivo de orientar os procedimentos a serem utilizados na organização pedagógica e curricular de cada unidade escolar integrante de diversos sistemas de ensino. Este parecer afirma que “*o contexto mais próximo do aluno e mais facilmente explorável para dar significado aos conteúdos da aprendizagem é o da vida pessoal, cotidiano e convivência*”. Canal (2003) aponta para a organização do ensino de genética em torno de temas geradores de interesse para os alunos como, por exemplo, o Projeto Genoma Humano, pois a partir desses temas, segundo a autora, os alunos poderão compreender conceitos básicos de genética.

Quanto aos conteúdos específicos a serem ministrados durante as aulas de Biologia, no Ensino Médio do país, não existe nenhuma proposta curricular que imponha um ou outro conteúdo, já que, esses são escolhidos por professores em sua Unidade Escolar durante o planejamento escolar anual realizado no início de cada ano letivo, assegurado pela LDB nos artigos 12 e 13. O que existe é um *currículo proposto*, elaborado de acordo com propostas presentes na referida lei, que se torna, segundo o PCNEM, *currículo ensinado* quando é trabalhado em sala de aula pelo professor, pois é ele quem decide sobre a utilização dos materiais curriculares.

A proposta pedagógica da escola deve, entretanto, contemplar o desenvolvimento de competências e habilidades valorizadas pela LDB no intuito de alcançar os princípios e fins da Educação Nacional que “*tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho*” (Lei 9394/96 artigo 2º).

A resolução nº 7 de 19 de janeiro de 1998 que estabelece as diretrizes para a reorganização curricular dos cursos de ensino médio da rede estadual de ensino afirma no artigo 8º: “*Nos cursos regulares de ensino médio, com início previsto para o presente ano letivo, a escola deverá selecionar os componentes de livre opção, de acordo com a proposta pedagógica da escola*”. Esta resolução recomenda que os componentes curriculares escolhidos devem ter em vista os resultados das avaliações internas e externas do desempenho dos alunos (SARESP<sup>8</sup>, SAEB<sup>9</sup> e ENEM<sup>10</sup>).

A definição dos temas a serem ensinados, de acordo com PCN+EM (Brasil, 2002), deve levar em conta a relevância científica e social dos assuntos, seu significado na história da ciência e na atualidade e, em especial, as expectativas, os interesses, e as necessidades dos alunos. Como não é possível, deste modo, propor um currículo nacional comum, são propostos seis *Temas Estruturadores* para o ensino de Biologia:

1. Interação entre os seres vivos
2. Qualidade de vida das populações humanas
3. Identidade dos seres vivos
4. Diversidade da vida
5. Transmissão da vida, ética e manipulação gênica
6. Origem e evolução da vida.

O PCN+EM (Brasil, 2002) esclarece que tais temas são propostos como uma sugestão para a organização de conteúdos que compõem o projeto pedagógico na escola e não devem ser utilizados como uma seleção única de conteúdos.

---

<sup>8</sup> Sistema de avaliação regular do Estado de São Paulo.

<sup>9</sup> Sistema de avaliação do Ensino Brasileiro.

<sup>10</sup> Exame Nacional do Ensino Médio.

Além dos *Temas Estruturadores*, o PCNEM (Brasil, 1999) traz propostas de trabalho de conteúdos visando desenvolver conhecimentos e competências em conjunto respeitando uma Base Nacional Comum e uma parte diversificada prevista pela LDB<sup>11</sup> para permitir ao aluno atuar sobre o mundo e usufruir bens culturais, sociais e econômicos, propondo sugestões de diferentes estratégias para se promover a aprendizagem como: atividades experimentais, estudos do meio, desenvolvimento de projetos, jogos, seminários, debates, simulação; visando o desenvolvimento das competências e habilidades utilizadas nos PCNEM e no Exame Nacional do Ensino Médio<sup>12</sup> – ENEM – (Brasil, 2002) que tem por objetivo fundamental “*avaliar o desempenho do aluno ao término da escolaridade básica, para aferir o desenvolvimento de competências fundamentais ao exercício pleno da cidadania*”.

Para promover um ensino que valorize as competências apontadas no PCNEM (Brasil, 1999) para a área de Ciências da Natureza é preciso promover situações de aprendizagem que tenham sentido para o aluno, que o instrumentalizem para agir em diferentes contextos e até em situações inéditas da vida.

Acreditamos não ser possível tratar todo conhecimento biológico no Ensino Médio, o importante, além de respeitar o tempo disponível e a grade curricular da escola, é eleger os conteúdos mais significativos para os alunos e, conforme mencionado anteriormente, contextualizar os conhecimentos abordados discutindo sua

---

<sup>11</sup> Artigo 26: Os currículos do ensino fundamental e médio devem ter uma base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e estabelecimento escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e da clientela.

<sup>12</sup> Instituído pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais – INEP, 1998, para ser aplicado aos alunos concluintes e egressos do Ensino Médio.

produção e a história da Biologia como uma construção humana, repleta de idas, vindas, rupturas e, até mesmo, contradições.

É preciso promover espaços de reflexão para que o aluno possa compreender o contexto em que determinado conhecimento foi produzido, que este não resultou apenas de construções elaboradas por mentes brilhantes ou deva ser considerado inquestionável. É extremamente necessário que o ensino de Biologia favoreça a contraposição entre a lógica da ciência e a lógica do aluno e forneça subsídios para o questionamento, para a dúvida e para a crítica.

O ensino de Biologia não deve apenas fornecer informações, mas sim desenvolver a criticidade entre os educandos para que possam analisar informações, aceitá-las, refutá-las ou compreendê-las e agir no mundo de forma autônoma e consciente, utilizando os conhecimentos construídos historicamente.

Relatos do PCN+EM (Brasil, 2002) afirmam que o saber científico e tecnológico é uma condição para se alcançar a cidadania e não apenas uma especialização. Geralmente, no ensino de Biologia, perde-se de vista o entendimento de fenômenos biológicos e as vivências práticas e, deste modo, a ciência é pouco usada para interpretar e intervir na realidade.

Saber Biologia também é importante para se reconhecer a especificidade da vida humana e entender as formas de relação do homem com a natureza. A biologia auxilia o desenvolvimento do pensamento que se reflete na ação diante do posicionamento do indivíduo perante as transformações do mundo.

#### **4.1 Pesquisas sobre o Ensino de Genética**

Considerando-se os grandes avanços biotecnológicos ocorridos nos últimos anos, e a acentuada importância do ensino de genética na formação de cidadãos que precisarão opinar a respeito dos avanços da biotecnologia e suas implicações sociais, éticas e também de saúde pública e pessoal, muitas pesquisas que buscam investigar como se processa o ensino de genética, quais metodologias são utilizadas ou que assuntos são frequentemente abordados têm sido realizadas.

Trivelato (1988) investigou o ensino de genética humana em uma dada escola “*tal como se processa*”, e constatou que os alunos apresentam noções inadequadas sobre os conteúdos desta área, mas que os alunos se interessam, e então, participam *qualitativamente* da aula por temas da genética nas quais são mencionados exemplos humanos ou dos quais tenham alguma referência. Porém, verificou também que a genética humana recebe pouco destaque durante as aulas de Biologia e, deste modo, os alunos poucos se beneficiam das informações que lhes são transmitidas. Recomenda, para mudar tal situação, deslocar o enfoque tradicional e passar a privilegiar os assuntos relevantes aos alunos, escolhendo conteúdos e ordenando-os de acordo com os anseios e necessidades desses educandos para que tais temas despertem o interesse especial e promovam *aprendizagem mais genuína*.

Banet e Ayuso (1995) apontam que iniciar o estudo da genética tomando como referência a herança dos caracteres humanos poderia despertar o interesse dos alunos, tornando o estudo mais significativo. Para eles, conferir certa utilidade aos conteúdos estudados é condição fundamental no processo de ensino.

Deadman e Kelly (1978)<sup>13</sup> citados por Bugallo Rodriguez (1995) realizaram uma análise das pré-concepções dos estudantes do ensino secundário a respeito de evolução e herança de caracteres, e constataram que uma inapropriada compreensão a respeito de probabilidade e ausência de conceitos simplificados sobre herança mendeliana constitui obstáculos para o desenvolvimento de concepções mais elaboradas. Complementando estes dados, Ayuso e Banet (2002) propõem que os meios de comunicação, o ambiente escolar e o ambiente familiar influenciam as pré-concepções dos estudantes e estas precisam ser consideradas pelo professor, já que, será por meio dessas concepções que os alunos interpretarão novos conteúdos e, portanto, elas poderão condicionar as concepções sobre herança biológica e influenciar as aprendizagens posteriores.

Pesquisas realizadas (Banet e Ayuso, 1995; Silveira e Amabis, 2003) constataram que os alunos possuem conceitos genéticos equivocados, pois acreditam, por exemplo, que os vegetais não possuem células, genes ou cromossomos e que, mesmo após freqüentarem o ensino médio, muitos estudantes atribuem significados errôneos a conceitos básicos como cromossomos, genes alelos, mutações; acreditam que as células que possuem material genético se localizam no sangue e no sistema reprodutivo – geralmente masculino –, ou seja, muitos não compreendem que todas as células possuem informações genéticas; não chegam à compreensão do significado de processos importantes como, por exemplo, a meiose ou os mecanismos de transmissão

---

<sup>13</sup> DEADMAN, J. A. & KELLY, P. J. What do secondary schoolboys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*. 12 (1): 7-15, 1978.

das características hereditárias; interpretam de maneira equivocada dominância e recessividade e situam genes alelos para uma característica em um mesmo cromossomo.

Wood-Robinson e colaboradores (1998) verificaram em uma pesquisa a respeito do tipo de conhecimento genético que os estudantes da Inglaterra possuíam, ao final da escolarização básica, sobre conceitos básicos de genética e a respeito da gama de aplicações da tecnologia genética; que os estudantes ingleses possuem um entendimento escasso a respeito de conceitos básicos de genética. Ao serem questionados durante esta pesquisa, os estudantes revelaram, por exemplo, desconhecer que todas as células somáticas possuem o mesmo genótipo, inclusive muitos deles acreditam que apenas os animais possuem constituição genética, e isso não está presente nos vegetais, dados estes semelhantes à pesquisa realizada por Banet e Ayuso (1995).

A relação entre cromossomos, genes e a informação hereditária não é clara para os alunos consultados em outro trabalho. Uma pesquisa realizada por Lewis et al. (2000a) apontou que, no final da educação científica obrigatória da Inglaterra, os alunos apresentam uma compreensão adequada de que os genes influenciam as características fenotípicas, e que isso ocorre porque os genes contêm alguma informação, mas falta-lhes uma compreensão básica do que é um gene, sua função básica, onde poderia ser encontrado. Inclusive, os alunos indicaram ser os genes maiores que os cromossomos e alguns educandos revelaram acreditar que alguns organismos podem apresentar cromossomos sem conter informações genéticas, ou ainda, que os genes e cromossomos eram compostos por células. Esta pesquisa revelou



ainda que os alunos utilizam, sem diferenciação, os termos cromossomo/gene e célula/gene.

Em uma segunda pesquisa realizada por Lewis et al. (2000b), que investigou a compreensão que os jovens possuem sobre a continuidade da informação genética entre as células de um indivíduo, constatou-se que muitos jovens acreditam que células diferentes contêm informações genéticas diferentes, pois desempenham funções diferentes, e a maioria não fez distinção entre célula somática e célula germinativa. Esses autores afirmam que o conhecimento limitado apresentado pelos estudantes a respeito do conjunto de conceitos básicos, como evidenciado na primeira pesquisa, dificulta uma explicação coerente do todo e este fato pode ter ocorrido devido à fragmentação com que o ensino de genética é conduzido, não possibilitando que os alunos estabeleçam relações entre os conceitos.

Segundo Justina e Ripel (2003), o entendimento de conceitos básicos da genética como, por exemplo, gene, cromossomo e DNA e o mecanismo de transmissão de características hereditárias poderia ser melhorado através de uma recapitulação da divisão celular na qual se demonstrassem as informações genéticas que cada tipo celular produz e, além disso, as estruturas em questão poderiam ser visualizadas em conjunto.

Para Silveira e Amabis (2003), o estabelecimento de relações entre diferentes níveis organizacionais, especialmente na genética, deve ser feito com cautela, pois pode dificultar a aprendizagem significativa desejada. As relações entre DNA, cromossomos e genes, por exemplo, podem ser facilitadas pela construção de modelos pelos alunos; a utilização de exemplos precisa ser bem diversificada, pode-se, por exemplo, se discutir o comportamento dos cromossomos durante a produção de

espermatozóides em comparação com a produção de células da pele. Seria recomendável, segundo esses autores, estimular os alunos a relacionar os conceitos trabalhados durante o ensino de genética às tecnologias atuais como, por exemplo, clonagem e organismos transgênicos. Deste modo, o professor poderá utilizar os conhecimentos provenientes dos meios de comunicação e dos ambientes familiares na construção dos saberes escolares, e isso pode contribuir para a formação de critérios pelo próprio aluno para a diferenciação das diversas fontes de informação.

Justina e Ripel (2003) apontam que a compreensão de processos de clonagem e engenharia genética envolve o conhecimento de que um gene é um segmento de DNA, que especifica um produto particular e que tem um local específico em um cromossomo.

Wood-Robinson e colaboradores (1998) constataram que, apesar dos estudantes terem consciência sobre as implicações dos conhecimentos genéticos na compreensão das tecnologias genéticas, ou tecnologias do DNA recombinante, e também para a atitude que irão tomar frente às aplicações desta tecnologia, possuem pouca familiaridade com termos como: mapeamento genético, tecnologia genética, terapia genética e Projeto Genoma Humano.

Cabe destacar que os conhecimentos abordados durante o ensino de genética, não servem apenas para que os estudantes conheçam os mecanismos e os conceitos das tecnologias do DNA, mas também para a sua formação crítica, auxiliando na tomada de posição consciente diante de tais assuntos.

Silveira e Amabis (2003) relatam que pesquisas sobre o Ensino de Genética e sobre a dificuldade dos alunos na resolução de problemas relacionados à

herança biológica evidenciam os obstáculos que os professores enfrentam ao tentar inserir temas atuais como clonagem, alimentos transgênicos e testes de identificação por DNA tão necessários para a educação científica almejada.

De acordo com Tavares et al. (2003), para um aluno compreender estruturas sub-microscópicas como a molécula do DNA seria necessário contextualizar esse conteúdo em situações diversas, vivenciadas pelos alunos, para que pudessem compreender melhor, por exemplo, a relação entre o DNA e os organismos geneticamente modificados (OGMs). Portanto, para não alegar ignorância ou para que não rejeitem as novas descobertas em genética, as pessoas necessitam compreender as possibilidades de aplicações e implicações tanto da genética básica quanto dos avanços atuais dessa área.

Bonzanini (2002) constatou em sua pesquisa que os alunos se interessam por assuntos relacionados à genética contemporânea e temas como, por exemplo, o Projeto Genoma Humano pode ser utilizado como um tema gerador para o estudo de conceitos de genética básica. Constatou também que os conceitos em estudo são mais bem explorados pelos alunos ao serem aplicados em situações concretas, dentro de um contexto significativo que estimule o aluno a questionar, experimentar.

Em consonância com este estudo, Wood-Robinson et al. (1998) verificaram que os conteúdos relacionados à genética contemporânea geram grande interesse entre os alunos e isso poderia dar margem à discussões centradas em questões éticas, políticas e econômicas, suscitadas pelas pesquisas atuais.

Conforme mencionado anteriormente, Justina et al. (2000), ao realizarem um estudo sobre o ensino de genética no ensino médio, verificaram que a maioria dos

professores entrevistados apontou as novas abordagens em genética como a tecnologia do DNA recombinante, o Projeto Genoma Humano, clonagem e organismos transgênicos, como sendo as temáticas que apresentam maior dificuldade tanto para ensinar como para o aluno compreender. Tal estudo indicou também uma preocupação, entre os educadores, com as temáticas atuais que não aparecem nos livros didáticos ou aparecem com uma abordagem inadequada e com erros conceituais.

Justina e Barradas (2003) investigaram as opiniões de professores de Biologia do Ensino Médio sobre o Ensino de Genética, e puderam constatar, através de algumas concepções levantadas, que os professores continuam distantes das inovações que acontecem e repassam a seus alunos conceitos estáticos e errôneos contidos nos livros didáticos. Porém, a grande maioria acredita que mudanças no ensino de genética são necessárias como uso de metodologias diferenciadas, no intuito de promover a relação entre teoria e prática, e aperfeiçoamento dos professores para atender as necessidades dos alunos. Para possibilitar que os professores tenham acesso a novas perspectivas para o ensino de genética, as pesquisadoras propõem a realização de oficinas ou cursos de capacitação profissional que poderão contribuir para a melhoria do ensino médio.

Fávaro e colaboradores (2003) realizaram um estudo sobre as possibilidades e os limites do trabalho de professores de Biologia quanto ao ensino de Genética, Engenharia Genética e Biologia Molecular. A partir da análise de questionários aplicados verificaram que apesar dos professores apresentarem um grande interesse pela área, os mesmos demonstram ter muitas dúvidas sobre diferentes assuntos, principalmente aqueles relacionados às questões éticas e técnicas atuais. A

preocupação dos professores, em se manterem atualizados e esclarecer suas dúvidas quanto à genética e suas novas tecnologias, também foi evidenciada pela pesquisa, e a Internet, revistas e jornais foram indicadas pelos professores como sendo principais fontes de atualização. Os textos utilizados para a reciclagem do profissional também foram indicados como um importante material de trabalho na sala de aula, dividindo espaço com os livros didáticos.

Wood-Robinson et al. (1998), apontam para a necessidade de elaboração de materiais curriculares que permitam ao aluno desenvolver uma melhor compreensão sobre genética básica e as implicações destes conhecimentos na avaliação de questões relacionadas às tecnologias genéticas. Para auxiliar esta compreensão, segundo os pesquisadores, seria válido relacionar diferentes disciplinas e inserir os conhecimentos da atualidade em distintos momentos da aprendizagem.

Justina e Ripel (2003) relatam que existe um interesse entre os pesquisadores (VALADARES, 1999; BANDRÃO e ACEDO, 2000; PICININI-TEIXEIRA, TOSTES e GOMES, 2002) pela elaboração ou inserção de recursos didáticos que facilitem e aumentem a compreensão dos alunos sobre conceitos básicos de genética incluindo softwares, jogos, modelos didáticos entre outros.

Além da escassez de materiais que possam auxiliar o trabalho docente, percebe-se que este recorre, muitas vezes a fontes de atualização pouco confiáveis, já que reportagens de revistas e Internet divulgam tais temas de forma sensacionalista e trazem conceitos equivocados. Considerando que os professores se atualizam por conta própria, utilizando especialmente a Internet para esse fim (FÁVARO et al., 2003), é preciso que os docentes tenham um embasamento teórico que os auxiliem a interpretar

e selecionar as informações que condizem com procedimentos científicos corretos para, então, promover discussões sobre os avanços e as limitações da ciência.

É preciso discutir as implicações que surgem a partir do uso da biotecnologia com base em informações confiáveis. Para tanto, é preciso que os currículos e os professores proporcionem aos estudantes o acesso às informações adequadas e contextos concretos nos quais essas tecnologias podem ser aplicadas, ou seja, o professor de Biologia precisa transformar o conhecimento científico produzido pelo cientista para desenvolvê-lo em sala de aula sendo acessível ao seu aluno. Assim, os estudantes poderão adquirir experiências e conhecimentos para opinar a respeito de questões sociais e éticas relacionadas a tomadas de decisão sobre estes assuntos.

Fávaro et al. (2003) verificaram, através do estudo realizado, uma grande preocupação entre os professores pesquisados, quanto ao conhecimento que possuem em relação à ética e legislação, além de uma necessidade de estudos mais aprofundados sobre as técnicas mais atuais. Nesta pesquisa os professores apresentaram ainda um grande interesse e motivação por cursos de atualização na área de Engenharia Genética e Biologia Molecular, principalmente sobre o tema clonagem.

Tavares et al. (2003) realizaram uma investigação a respeito das concepções dos licenciandos em biologia sobre as relações entre DNA e transgênicos. Tal investigação evidenciou as dificuldades encontradas pelos licenciandos em Ciências Biológicas para trabalhar com a estrutura da molécula do DNA e a sua correlação com a síntese protéica e a produção de transgênicos. Os resultados dessa pesquisa indicaram também que, embora os professores universitários se preocupem com o domínio desses conteúdos, no mundo atual, assim como trabalhar a relação entre universo micro e

macroscópicos, verifica-se a necessidade de implantar-se políticas de formação continuada voltada para esses profissionais “*minimizando o efeito cascata atualmente observado nos diversos níveis de ensino*”.

Pesquisas têm demonstrado uma crescente preocupação com a formação continuada dos professores (TEIXEIRA, 2001; SOUZA et al., 2002), sendo desenvolvidos cursos em diversas áreas. É preciso promover cursos de educação continuada que dêem suporte para a atuação desses profissionais.

Considerando que os professores além de educadores são importantes formadores de opinião e, tendo o conhecimento da preocupação dos mesmos com sua atualização, justificam-se iniciativas destinadas a aparelhar os professores em seu trabalho, já que, este profissional é a principal ponte que liga o aluno ao conhecimento científico e o seu trabalho auxilia na formação de cidadãos pensantes e capazes de interferir na sociedade onde vivem.

Fávaro et al. (2003) constaram que, além do próprio interesse em buscar informações sobre as áreas de Engenharia Genética e Biologia Molecular, os professores pesquisados revelaram ainda a preocupação de instruir os alunos, sobretudo devido à popularização dos avanços da genética nos últimos tempos.

Cumpra a instituição escolar e, conseqüentemente ao professor, a responsabilidade de tratar os avanços da genética de forma inteligente, clara e acessível aos alunos, fornecendo argumentos para que possam refletir sobre as questões éticas, políticas e sociais envolvidas nessas temáticas, tornando-os aptos a tomarem decisões conscientes perante a sociedade.

Menezes (2000) considera de extrema importância a abordagem de pesquisas científicas atuais em sala de aula, assim como os problemas sociais, econômicos, tecnológicos, ambientais e éticos envolvidos. Porém, o autor ressalta que é preciso apresentar tais problemáticas em “*exercício real*”, ou seja, abordar temas que estão sendo diariamente apresentados aos alunos através dos meios de comunicação não apenas num plano geral informativo, mas através de discussões de interesse direto do aluno. Segundo este autor, é importante apresentar a ciência como um instrumento de crítica frente a suas aplicações como os explosivos nucleares ou em seus métodos como determinadas manipulações genéticas, pois, diante desses assuntos, o posicionamento dos jovens será decisivo.

A inclusão de temas atuais no ensino de Ciências que abordem as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, foi proposta desde a década de 80. No entanto, o Ensino de Ciências praticado pelos professores atualmente é ainda influenciado por orientações tradicionais de transmissão de conhecimentos (AMORIM, 1995).

Ao apresentar temas da atualidade, o professor pode favorecer a visão de Ciência como fruto da construção humana e, portanto, suscetível a erros e questionamentos a respeito da validade e aplicabilidade dos conhecimentos produzidos.

A genética, sendo uma das áreas básicas das Ciências Biológicas, é fundamental para explicar diversos conceitos relacionados a outros ramos da Biologia. Graças aos conhecimentos em genética, podemos explicar, por exemplo, os mecanismos de evolução das espécies, entender a fisiologia de vários processos ou os mecanismos de ação de diversas doenças. Como a genética é uma ciência em constante



evolução que se manifesta em novas pesquisas como o Projeto Genoma Humano, clonagem e organismos geneticamente modificados, é preciso que os professores acompanhem essa evolução e levem para a sala de aula discussões que envolvam tais assuntos para aprimorar o senso crítico dos educandos e para proporcionar a contextualização do ensino que ele está ministrando.

#### **4.2 O Ensino de Genética nas propostas curriculares e nos livros didáticos.**

Diante dos progressos científicos recentes, especialmente dos avanços da engenharia genética e biologia molecular, percebe-se que o ensino de genética é, a cada dia, mais necessário, principalmente para interpretação das descobertas realizadas neste ramo da Biologia, que nos revelam informações antes pensadas apenas como filme de ficção científica, como, por exemplo, a investigação da constituição genética da espécie humana.

Apesar da crescente veiculação na mídia de temas da genética contemporânea, muita informação é tratada com superficialidade, ou então são informações não confiáveis, que trazem conceitos errados ou termos técnicos de difícil compreensão para a população em geral. Justina et al. (2000) afirma que tais temas são tratados pela mídia de maneira sensacionalista, superficial, enfatizando os fatos sem compromisso com orientações educativas.

Para opinar sobre e julgar tais informações relatadas pela mídia, os jovens necessitam de um ensino de genética que ultrapasse a aplicação de fórmulas ou a simples resolução de problemas que envolvam uma determinada característica genética.

Mais que isso, é preciso envolver os estudantes em discussões a respeito de aspectos éticos, econômicos e sociais envolvidos com tais temas.

Canal (2003, p. 41) aponta que uma das responsabilidades do professor de Biologia é “*transmitir os avanços da genética de forma inteligente, clara e acessível aos alunos...*”

Surge, portanto, a necessidade de se informar cada vez mais, e melhor, o público em geral, pois deste se exigirá tomadas de posição em relação à saúde individual e coletiva sobre assuntos relacionados à genética contemporânea. Segundo o PCNEM (Brasil, 1999, p. 220):

“Conhecer a estrutura molecular da vida, os mecanismos de perpetuação, diferenciação das espécies e diversificação intraespecífica, a importância da diversidade para a vida no planeta são alguns dos elementos essenciais para um posicionamento criterioso relativo ao conjunto das construções e intervenções humanas no mundo contemporâneo”.

Turney<sup>14</sup> (1995, apud Wood-Robinson et al., 1998) aponta três motivos para se promover a compreensão da genética pelo público em geral: o primeiro motivo apontado refere-se ao caráter *utilitário* dos conhecimentos sobre genética, ou seja, que os indivíduos apliquem de uma forma prática os conceitos científicos adquiridos. O segundo motivo, caracterizado como *democrático*, aponta para a necessidade de se fornecer informações para que as pessoas possam apoiar ou não políticas que favoreçam o desenvolvimento de pesquisas que envolvam biotecnologia para que estas se desenvolvam em um cenário de informação e não de ignorância, ou seja, que os

---

<sup>14</sup> TURNEY, J. The public understanding of genetics where next? *European Journal of Genetics and Society*, 1 (2), p. 5-20, 1995.

indivíduos possam utilizar os conhecimentos para entender e participar de debates que envolvam temas científicos. Por fim, aponta o caráter *cultural*, ou seja, os indivíduos podem utilizar esses conhecimentos para entender a ciência como um avanço da sociedade moderna.

Childs (1983, apud Trivelato, 1988) apresenta, também, outras três justificativas para o ensino de genética humana: por razões filosóficas, como meios de se conhecer as leis da natureza e nossas limitações perante ela; por razões de saúde, englobando a necessidade de conhecer e prevenir doenças; e por razões sociais que dizem respeito às dimensões éticas.

Trivelato (1988, p. 01) afirma que: *“O ensino de genética humana tem sido apontado, na literatura, como uma necessidade na formação de jovens conscientes de tomar decisões em relação à sua própria vida.”*

Bizzo (1994) complementa tal afirmação ao considerar que o ensino de genética tem a função de preparar os cidadãos para tomar decisões diante dos aspectos éticos relacionados aos progressos científicos e destaca: *“A clonagem de embriões, a engenharia genética e o projeto genoma humano estão a questionar os educadores da atualidade; estarão os estudantes de hoje preparados para enfrentar essas discussões amanhã?”*

O entendimento de novas tecnologias da área da genética está diretamente relacionado ao domínio do conhecimento de conceitos básicos como: gene, cromossomo, ácidos nucleicos, divisão celular, expressão gênica entre outros (JUSTINA, 2001). Esses conceitos são, ou deveriam ser, melhor explicitados no ensino

médio para que a partir do domínio de tais conceitos os alunos pudessem utilizá-los para a compreensão das pesquisas atuais no campo da genética.

O PCN+EM (Brasil, 2002) revela a importância de dominar conhecimentos relacionados à genética para compreender os debates contemporâneos e propõe através dos “*Temas Estruturadores e Respectivas Unidades Temáticas do Ensino de Biologia*” conteúdos específicos a serem discutidos no ensino de genética:

Tema 3- Identidade dos seres vivos:

- a) A organização celular da vida
- b) As funções vitais básicas
- c) DNA: a receita da vida e seu código
- d) Tecnologias de manipulação do DNA

A abordagem desse tema, de acordo com o PCN+EM (Brasil, 2002), permite que os alunos se familiarizem com as tecnologias de manipulação do material genético, os transgênicos e outros *grandes temas contemporâneos* e também com o debate ético e ecológico associado a esses assuntos e desse modo, desenvolvam “competências” para avaliar os riscos e benefícios dessas manipulações à saúde humana e ao meio ambiente, e possam se posicionar diante dessas questões.

Tema 5- Transmissão da vida, ética e manipulação gênica:

- a) Os fundamentos da hereditariedade
- b) Genética humana e saúde
- c) Aplicações da engenharia genética
- d) Os benefícios e os prejuízos da manipulação genética: um debate

ético.

Pretende-se nesse tema, segundo PCN+EM (2002), que os alunos sejam inseridos em debates sobre as implicações éticas, morais, políticas e econômicas das manipulações genéticas, analisando-as e avaliando os riscos e benefícios para a humanidade e o planeta.

O PCNEM (Brasil, 1999) descreve que, durante o ensino de genética, observa-se que os professores familiarizam os alunos com códigos e métodos experimentais, mas não tratam os fenômenos da hereditariedade da vida de modo que o conhecimento aprendido seja instrumental e o ajude no julgamento de questões como preconceitos raciais, manipulação do DNA, alimentos modificados geneticamente. Com isso, deixam de ser aprendidos saberes práticos para o exercício da cidadania.

Trivelato (1988, p.67) afirma que: *“O curso de genética deve ter como preocupação principal tornar os alunos aptos a consumir o conhecimento produzido pelas pesquisas científicas e tecnológicas”*. A autora prossegue responsabilizando o ensino de genética por fornecer subsídios a fim de que os alunos possam compreender a natureza da pesquisa em genética, evidenciando não a melhor opção ou a decisão mais acertada e sim as implicações de cada escolha para que os alunos possam realizar julgamentos conscientemente e de acordo com seus valores.

Este contexto destaca a necessidade de se repensar os conhecimentos a serem ensinados na escola e as estratégias utilizadas para isso, eles precisam ser vistos como recursos para atuar sobre a realidade. O PCN+EM (Brasil, 2002, p. 35) afirma que: *“conhecimentos biológicos relacionados à citologia genética deverão instrumentalizar o aluno para que, diante de uma situação real como, por exemplo, a decisão de um ministro de apoiar a clonagem terapêutica, este seja capaz de se*

*posicionar ou, pelo menos apontar, de maneira fundamentada, argumentos pró e contra a decisão.”*

Para se promover o debate de questões como a exemplificada acima, é preciso antes de tudo se discutir os currículos de Biologia, efetivando a incorporação dos temas propostos em Parâmetros Curriculares, pois se percebe que há uma grande diferença entre o que é programado e o que é ensinado na escola. Para Amorim (1995), por exemplo, é importante se discutir um novo conceito para o ensino de ciências, o qual analise situações como as implicações éticas envolvidas na produção de clones humanos.

Krasilchik (2001) relata que tópicos de primordial importância como a formação de indivíduos sensíveis e solidários, cidadãos conscientes dos processos e regularidades de mundo e da vida, capazes de analisar os fazeres humanos identificando aspectos éticos, morais, políticos e econômicos envolvidos na produção científica e tecnológica, bem como na sua utilização e capazes de realizar julgamentos e de tomar decisões, têm tido pouca repercussão no currículo escolar.

Canal (2003) apontou em sua pesquisa a necessidade de se pensar sobre a atualização dos currículos de disciplinas científicas. A autora relata que o currículo acadêmico, fragmentado e descontextualizado da maioria das escolas não corresponde aos interesses e preocupações que os alunos têm sobre sua vida.

Os professores precisam discutir amplamente o contexto curricular em suas unidades escolares, adequando-os aos interesses e necessidades de sua clientela e procurando escolher conteúdos que façam algum sentido para o aluno. Doll (1997, p. 29) considera ser fundamental que todo professor reflita sobre o currículo escolar e o

defina como um “*processo de desenvolvimento, diálogo, investigação e transformação.*”

Uma proposta curricular que se pretenda contemporânea precisa incorporar como um de seus eixos os avanços e as tendências apontadas para o século XXI. Não se pode deixar de lado a crescente presença da ciência e da tecnologia nas atividades produtivas e nas relações sociais que estabelece um ciclo permanente de mudanças provocando rápidas rupturas, características essas que precisam ser consideradas durante a escolha de conteúdos.

Para a elaboração do currículo para o ensino de genética, o PCN+EM (Brasil, 2002, p. 40) apresenta competências que poderão ser consideradas durante a escolha dos conteúdos relacionados ao tema Ciência e tecnologia quanto à contextualização sócio-cultural e questões relacionadas à ética e cidadania: “*Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania*” e as competências em biologia são:

- “● Reconhecer a importância dos procedimentos éticos na aplicação de novas tecnologias para o diagnóstico precoce de doenças e do uso dessa informação para promover a saúde do ser humano sem ferir sua privacidade e dignidade
- Avaliar a importância do aspecto econômico envolvido na utilização da manipulação genética em saúde: o problema das patentes biológicas e a exploração comercial das descobertas das tecnologia de DNA.”

Outra competência apontada no PCN+EM (Brasil, 2002) correspondente à área de Biologia, no que diz respeito à “*Discussão e argumentação de temas de interesse da ciência e tecnologia*”, refere-se à comparação de diferentes posicionamentos dos cientistas, ambientalistas, jornalistas sobre assuntos relacionados à

biotecnologia como produção de alimento transgênico, terapia gênica, clonagem etc., analisando a consistência de argumentos e a fundamentação teórica.

Algumas estratégias de ensino podem auxiliar no desenvolvimento das competências acima citadas como: debates, seminários, atividades experimentais, entre outras. Ao se discutir, por exemplo, questões que necessitam ser explicitadas ao longo da história da humanidade para então se compreender as atuais leis da genética, pode-se levar os estudantes à compreensão da dimensão histórico-filosófica da produção científica e de sua veracidade ou até mesmo de sua ineficiência. Para que os estudantes possam se envolver com sua aprendizagem, é importante que a metodologia utilizada apresente os conteúdos como problemas a serem resolvidos pelos alunos.

A genética proporciona exemplos clássicos de raciocínio lógico, pois possui um conjunto de princípios e leis bem desenvolvidos. Dentro da biologia, ela representa, não apenas uma área de conhecimento, mas um caminho para mudar a natureza descritiva do ensino dessa área, já que possibilita ao professor, ao estudante ou ao pesquisador, além do exercício de raciocínio lógico, a reflexão teórica e ética.

Deste modo, podemos caracterizar a genética como um conteúdo adequado ao desenvolvimento de habilidades cognitivas, que ultrapassam a mera memorização de conceitos isolados, já que, a interpretação dos mecanismos da hereditariedade está diretamente relacionada à compreensão de processos de divisão celular que originam as células reprodutivas; na relação entre genótipo e fenótipo, na análise de possíveis cruzamentos e probabilidades esperadas, na resolução de problemas e exercícios que levem o educando a um envolvimento mais profundo. Podemos citar ainda as recentes discussões a respeito de temas contemporâneos que envolvem



aspectos médicos, econômicos, éticos e sociais, envolvendo julgamentos de valores relacionados a maiores níveis cognitivos.

De acordo com os objetivos propostos para a formação do educando que visam seu pleno desenvolvimento e a construção da cidadania, percebe-se que os conteúdos genéticos colaboram com tais fins da Educação Básica e ainda participam da constituição da vida pessoal de cada estudante.

Canal (2003) afirma que temas contemporâneos relacionados à genética, como transgenia, clonagem e estudo de genomas envolvem complexas discussões a respeito de determinados conceitos articulados a teorias gênicas e isso exige dos educandos um maior envolvimento cognitivo e maior abstração.

O PCN+EM (Brasil, 2002) recomenda ainda que, ao estudar a hereditariedade, os alunos devem ser levados a relacionar conceitos e processos relativos às leis da herança mendeliana, noções de probabilidade, análise combinatória, bioquímica, que são considerados conteúdos clássicos da genética, com as tecnologias da clonagem, engenharia genética, entre outras manipulações do DNA; auxiliando-os na interpretação dos princípios da engenharia genética e tecnologias associadas e na identificação dos aspectos éticos, morais, econômicos e políticos relacionados às essas tecnologias. A contextualização para o ensino de genética é necessária uma vez que o conhecimento é integrado, inseparável e complementar.

Os conhecimentos científicos, particularmente na área da genética, têm sido gerados com uma rapidez que impõe aos educadores uma atualização de conteúdos constante e, apesar dos vários caminhos apontados para a escolha de temas e metodologias para o desenvolvimento e abordagem de conteúdos referentes a essa área,

pesquisas realizadas sobre o ensino de Biologia apontam que a Genética está presente entre os conteúdos que os professores de Ensino Médio têm maior dificuldade de ensinar (MAYER et al., 2000).

Smith (1992, apud Canal, 2003) caracteriza o ensino de genética como uma das áreas mais difíceis de trabalhar na escola secundária e em cursos de licenciatura devido a complexidade de seus conteúdos e às dificuldades que caracterizam suas estratégias de ensino como, por exemplo, a resolução de problemas.

Aliada às dificuldades apresentadas pelos professores de Biologia, os materiais didáticos do Ensino Médio estão ultrapassados diante dos avanços genéticos que produzem uma infinidade de novas informações a uma rapidez assustadora.

Hickman (1981, apud Trivelato, 1988) revela a importância da elaboração de materiais instrucionais especiais, que permitam uma melhor compreensão do mecanismo e serviços genéticos ao público geral.

Segundo uma pesquisa realizada sobre a disponibilidade de materiais instrucionais, os professores afirmaram que os temas de maior dificuldade de se obter materiais são aqueles relacionados às novas abordagens em genética (JUSTINA et al., 2000).

Em muitos livros didáticos, assuntos relacionados à engenharia genética, por exemplo, aparecem apenas como uma leitura complementar, fragmentada e descontextualizada do conteúdo básico de genética. Algumas publicações mais recentes trazem capítulos dedicados exclusivamente para os avanços recentes da Biologia Molecular e Engenharia Genética, mas isso não garante que tais temas sejam abordados durante as aulas de genética.

Segundo Malaguth e colaboradores (1997)<sup>15</sup>, o ensino de genética, orientado pelos atuais livros didáticos, está aquém das expectativas, experiências e questionamentos dos alunos. De acordo com Fracalanza (1985)<sup>16</sup>, os tópicos tradicionalmente desenvolvidos nos livros didáticos raramente ultrapassam os limites estreitos dos conceitos básicos, não havendo a preocupação em apresentar a discussão de temas polêmicos relacionados à realidade do país e ao cotidiano do aluno.

Para Banet e Ayuso (1995), os livros texto podem causar ou reforçar os erros dos alunos e destacam que os manuais de ensino secundário não relacionam adequadamente genética e meiose, não estabelecem relações claras entre alguns conceitos como alelo, gene, DNA, cromossomo, etc., não consideram a dificuldade do emprego de alguns elementos matemáticos, como noções de probabilidade, e o uso inadequado do quadro de Punnet e também não seguem uma seqüência adequada para a apresentação dos conteúdos.

Castilho (1997), citado por Fávoro et al. (2003), destaca que “*análises realizadas apontam sérios problemas num número expressivo de livros didáticos*”. Dentre outros, podem ser citados: informações desatualizadas, erros conceituais, recomendações de procedimentos incorretos e concepções inadequadas.

Portanto, se os professores quiserem apresentar algo mais aprofundado a seus alunos, têm que recorrer a outras fontes bibliográficas, e mais, precisam ser críticos

---

<sup>15</sup> MALAGUTH, I. F.; JANNES, C. E.; PEREIRA, J. E. Ciência crítica e a genética dos livros didáticos. Coletânea do VI Encontro “Perspectivas do Ensino de Biologia” e I Simpósio Latino Americano da IOESTE. FEUSP, São Paulo. 1997. p. 102-105.

<sup>16</sup> FRACALANZA, H. *O conceito da ciência veiculado por atuais livros didáticos de Biologia*. Campinas, 1985. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade estadual de Campinas.

com a escolha do material que irão utilizar, bem como possuem um bom conhecimento sobre o assunto, pois caso contrário, corre-se o risco de estar reproduzindo conceitos errados que são divulgados pelos livros didáticos. Cabe destacar que os alunos do Ensino Médio não recebem livros didáticos da Secretaria de Estado da Educação, pois esse nível de ensino não está incluído no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), em muitos casos os alunos utilizam livros indicados pelos professores.

Segundo Gil-Pérez (1995), os trabalhos investigativos existentes mostram a gravidade de uma carência de conhecimentos da matéria, transformando o professor num transmissor mecânico dos conteúdos do livro didático.

Fávaro et al. (2003) constatam em sua pesquisa, que apesar da grande utilização, os livros didáticos não são capazes de suprir as necessidades dos professores para trabalharem os temas ligados a Engenharia Genética e Biologia Molecular, pois a maioria dos professores questionados durante a pesquisa considerou que o livro adotado não está adequado as suas necessidades. Krasilchik (1987) revela que ao livro didático é atribuída grande parte das deficiências do ensino de Ciências nas escolas de 1º e 2º Graus.

Tais deficiências precisam ser sanadas seja através da escolha de melhores caminhos para promover um ensino de genética atual e contextualizado, seja através da escolha de um livro didático melhor elaborado, na escolha de uma metodologia diferenciada ou então na elaboração do planejamento escolar para o ano letivo vigente. Segundo Krasilchik (1987. p. 53) “*O professor, os livros didáticos e os*

*programas oficiais, em geral, não procuram atender aos interesses e capacidade dos estudantes, muitas vezes prejudicando irremediavelmente o seu aprendizado”.*

O ensino de genética não pode ser ensinado como uma coleção de fatos, descrições, ou teorias que devem ser decoradas. É preciso promover espaços para que os alunos discutam as causas dos fenômenos e as relações existentes entre eles e entendam os mecanismos dos processos que estão estudando. É preciso estabelecer um vínculo entre o que é ensinado nas aulas de Biologia e a realidade dos alunos; Krasilchik (1987, p. 53) afirma que *“O que se ensina a grande parte dos alunos não tem sentido, por não ser compatível com o seu desenvolvimento intelectual e emocional”.*

Para se promover uma abordagem satisfatória de conteúdos genéticos, é preciso ultrapassar os fatores limitantes da atividade pedagógica como a abordagem fragmentada e descontextualizada dos tópicos, o livro didático como o único recurso e fonte de informação e o estudo limitado à genética mendeliana em detrimento da genética moderna. Neste contexto, é preciso que o professor estimule o interesse dos alunos para a compreensão de um conceito ou dos procedimentos envolvidos, deste modo, proporciona-se o confronto entre as concepções dos alunos e os conceitos científicos envolvidos e abre-se espaços para a inserção das temáticas atuais.

## **CAPÍTULO V**

### **5. REFERENCIAIS TEÓRICOS**

Neste capítulo apresentaremos algumas considerações a respeito da formação e da prática docente, tendo em vista que a presente pesquisa pretende contribuir para a reflexão sobre a formação de professores da escola básica e sobre a atualização de materiais de apoio para o Ensino de Ciências e Biologia.

#### **5.1 A formação docente**

Segundo Carvalho e Gil-Pérez (1995), ensinar não é uma tarefa simples e esta atividade exige formação inicial e permanente dos professores. Além disso, uma sociedade em intenso ritmo de mudança impõe aos educadores de hoje a necessidade de constante atualização profissional.

Sabe-se que todo professor aprende a ensinar, ensinando, e tende a repetir, em sua prática, muito do que, como aluno, observou ser feito por seus mestres (ALVES, 2001).

Segundo Guarnieri (2000)<sup>17</sup>:

“ [...] o aprendizado da profissão a partir de seu exercício possibilita configurar como vai sendo constituído o processo de aprender a ensinar. Tal construção ocorre à medida em que o professor vai efetivando a articulação entre o conhecimento teórico-acadêmico e o contexto escolar com a prática docente”.

Para Menezes (1996), o modelo usado nas universidades na formação inicial do futuro professor está distante do método que se espera que este professor implemente em sala de aula.

De acordo com Krasilchik (1987, p. 47):

“Os cursos de licenciatura têm sido objeto de críticas em relação a sua possibilidade de preparar docentes, tornando-os capazes de ministrar bons cursos, de acordo com as concepções do que aspiram por uma formação para o ensino de Ciências; possuem deficiências nas áreas metodológicas que se ampliaram para o conhecimento das próprias disciplinas, levando à insegurança em relação à classe, à baixa qualidade das aulas e a dependência estreita dos livros didáticos.”

Esta autora revela ainda que: *“Tem sido constante a referência à precária formação dos professores como uma das causas da má qualidade do ensino das Ciências”* (p. 56). Deste modo, entende-se que os cursos de aperfeiçoamento são necessários tanto para suprir lacunas da formação dos docentes como para mantê-los

---

<sup>17</sup> GUARNIERI, M. R. (Org.) O início na carreira docente: pistas para o estudo do trabalho do professor. In: *Aprendendo a ensinar: o caminho nada suave da docência*. Campinas: Autores Associados; Araraquara: Programa de Pós-graduação em educação escolar da Faculdade de Ciências e Letras da Unesp, 2000, p. 5-23.

atualizados. “*Devem também propiciar oportunidade para a reflexão sobre o papel da disciplina e da escola no processo educacional*” (KRASILCHIK, 1987, p. 56).

Serbino et al. (1998, p.57) relatam que:

“Os esforços para a melhoria da qualidade de ensino tem que se concentrar no aperfeiçoamento do pessoal docente. A formação docente deve ser continuada após os anos acadêmicos, para corrigir eventuais falhas na formação regular e atualizar o professor com relação aos avanços de novas tecnologias”.

Menezes (1996) afirma que nos processos de atualização de professores se destacam as inovações que ocorrem no campo metodológico, didático e, especialmente, no científico, visto que surgem constantemente novos conhecimentos, ausentes na etapa de graduação; e propõe algumas considerações que deveriam estruturar a atualização científica em Biologia:

- a) desenvolvimento do paradigma evolutivo, base do pensamento biológico moderno;
- b) desenvolvimento da biologia celular e dos fundamentos da biologia molecular, enquadrando-se a biologia moderna e enfocando o nível molecular;
- c) estudo de problemas ético-jurídicos desafiantes que resultam das atividades dos geneticistas e das propostas teóricas dos sociobiólogos;
- d) estudo das múltiplas interações, já que a biologia é considerada uma peça chave para o desenvolvimento econômico.

De acordo com Krasilchik (1987), a demanda por cursos para professores em serviço é geral, e compete aos que pretendem auxiliar a implementar



inovações no ensino de Ciências propiciarem oportunidades de aperfeiçoamento aos docentes interessados em mudar.

Carvalho e Gil-Pérez (1995) revelam que pesquisas sobre professores de Ciências indicaram que a falta de conhecimentos científicos constitui a principal dificuldade para que os professores afetados se envolvam em atividades inovadoras. Segundo estes autores, conhecer o conteúdo a ser ministrado implica conhecimentos profissionais muito diversos que vão além do que habitualmente se contempla nos cursos universitários e inclui várias características ou procedimentos como: conhecer os problemas que originaram a construção dos conhecimentos científicos; conhecer a forma como os cientistas abordam os problemas; conhecer as interações Ciência/Tecnologia/Sociedade; ter algum conhecimento dos desenvolvimentos científicos recentes e suas perspectivas para poder transmitir uma visão dinâmica, não fechada da ciência; saber relacionar conteúdos adequados que dêem uma visão correta da Ciência e que sejam acessíveis aos alunos e suscetíveis de interesse; estar preparado para aprofundar os conhecimentos e adquirir outros novos.

Alves (2001) julga indispensável que o professor se capacite durante seu preparo para compreender o universo cultural de seu aluno, e juntos utilizem o que já conhecem para enfrentar e responder aos desafios impostos pelo mundo, produzindo, deste modo, novos saberes. Para esta autora, é preciso que a formação docente desenvolva a capacidade de utilizar procedimentos e criar alternativas que possibilitem contribuir para o melhor rendimento do aluno.

Carvalho e Gil-Pérez (1995) esclarecem que não basta estruturar cuidadosamente e fundamentadamente um currículo se o professor não receber um

preparo adequado para aplicá-lo. Este preparo, segundo esses autores, não consiste em instruções fornecidas por manuais ou cursos *ad hoc*, antes disso é necessária uma profunda revisão da formação inicial e permanente dos professores; e afirmam:

“(...) nós, professores de Ciências, não só carecemos de uma formação adequada, mas não somos sequer conscientes das nossas insuficiências. Como conseqüência, concebe-se a formação do professor como uma transmissão de conhecimentos e destrezas que, contudo, tem demonstrado reiteradamente suas insuficiências na preparação dos alunos e dos próprios professores” (p. 14).

Estes autores ressaltam também a importância de se proporcionar aos professores a oportunidade de um trabalho coletivo de reflexão, debate e aprofundamento, para que suas produções possam aproximar-se dos resultados da comunidade científica, ou seja, convém orientar o trabalho de formação dos professores como uma pesquisa dirigida, contribuindo assim, de forma funcional e efetiva, para a transformação de suas concepções iniciais; pois os professores, durante sua formação adquirem idéias de senso comum que serão multiplicadas mais adiante durante o exercício de sua profissão. Neste sentido, é essencial proporcionar aos docentes momentos de reflexão e análise crítica sobre sua própria formação (CARVALHO e GIL-PÉRES, 1995).

Perrenoud et al. (2001) afirmam que é preciso que os educadores desenvolvam a capacidade de auto-análise, auto-avaliação e auto-regulação e repensem suas estratégias.

Para Serbino et al. (1998, p.133) “A *educação de professores deveria assumir a responsabilidade da formação e preparação do profissional para a reflexão*

*e a crítica de sua própria prática, estudando e analisando as situações de ensino vivenciadas*”; uma vez que o professor necessita ser preparado para novos papéis e responsabilidades profissionais, e seja consciente das demandas das sociedades de hoje e do terceiro milênio.

Neste sentido, de acordo com Menezes (1996, p. 56):

[...] em nenhuma outra época do passado recente, foi tão deficiente a formação inicial média de nossos professores de Ciências nem tão grande o número de professores ensinando Ciências no ensino médio sem qualquer qualificação. Até por isso, uma formação continuada, complementar e até mesmo supletiva desses professores é absolutamente urgente, lado a lado com a recomposição dos cursos de formação inicial [...] não há melhoria concebível da Educação, sem correspondente requalificação de seus professores.

Complementando este pensamento Carvalho e Gil-Pérez (1995, p. 78) afirmam que, associada às carências da formação inicial, surge a necessidade de formação permanente que pode ser justificada por muitos fatores, entre eles:

- as exigências de formação são tão grandes que tentar encobri-las no período inicial conduziria ou a uma duração absurda, ou a um tratamento absolutamente superficial;
- muitos dos problemas que devem ser tratados não adquirem sentido até que o professor se depare com eles em sua própria prática;
- uma formação docente realmente efetiva, supõe a participação continuada em equipes de trabalho em tarefas de pesquisa/ação, que não podem ser realizadas com profundidade durante a formação inicial.

Estes autores diferenciam a formação inicial como sendo exclusivamente universitária e a formação permanente como sendo aberta a todas as iniciativas que

favoreçam a (auto)formação dos professores na ativa; e que as Universidades, através de seus Institutos de Educação ou Departamentos podem e devem participar deste esforço.

Para Menezes (1996), a formação permanente deve ser um direito do professor e uma exigência profissional.

Entende-se, deste modo, que as necessidades formativas surgem a partir das exigências de capacitação, advindas do tipo da relação entre a prática cotidiana do docente e a introdução de modificações nesta prática. Como as situações que os professores se deparam são específicas, esta formação não será capaz de fornecer “receitas”, mais que isso, é preciso que a formação continuada facilite a reconstrução dos problemas vivenciados, tendo em vista atividades que favoreçam aos docentes exercerem com êxito sua tarefa profissional.

Alves (2001) alerta para a perigosa tendência de substituir a formação pré-serviço para a formação em serviço, pois, segundo a autora, isso leva para um empobrecimento da formação do profissional da educação, o qual se vê limitado a cursos de curta duração para sua preparação ou a uma imersão acrítica na realidade da escola, durante sua preparação profissional. Além disso, a autora julga que tais propostas não são acompanhadas de decisões para dar mais tempo para o professor refletir sobre sua prática no interior da escola. Segundo ela, isto se constitui em um *neotecnicismo*, uma retomada do tecnicismo dos anos 70, que realizava uma análise da educação desgarrada de seus determinantes históricos e sociais.

Segundo Carvalho e Gil-Pérez (1995), a formação permanente costuma reduzir-se a uma oferta de cursos para a adaptação a mudanças curriculares, ou para a

reciclagem em algum aspecto específico e, muitas vezes, não satisfaz as necessidades formativas do professor. Para estes autores, a formação de professores deveria ser concebida como um trabalho de pesquisa e inovação, destinada ao aprofundamento de todos os aspectos (didáticos, científicos e psico-sócio-pedagógicos) em estreita relação com o trabalho de sala de aula e seus problemas.

De acordo com Menezes (1996) a formação permanente ainda é escassa, desenvolvida apenas em ações pontuais e isoladas, sem a existência de planos ou programas sistemáticos. Além disso, as instituições encarregadas da formação inicial estão desvinculadas daquelas encarregadas pela formação permanente, o que acarreta ações descoordenadas. Para este autor, a formação de um professor é um processo a longo prazo que não se finaliza com a obtenção do título de licenciado, mesmo que a formação recebida tenha sido da melhor qualidade; isso ocorre porque a formação docente é um processo complexo para o qual são necessários muitos conhecimentos e habilidades, impossíveis de ser todos adquiridos no curto espaço de tempo que dura a formação inicial; e, ainda mais, durante o trabalho em sala de aula, surgem, constantemente, novos problemas que o professor precisa enfrentar. Deste modo, é necessário que os docentes disponham de possibilidades de formação e atualização permanente, diversificada e de qualidade.

Menezes (1996) propõe que a formação continuada dos professores de Ciências investigue coletivamente os problemas de ensino-aprendizagem de Ciências encontradas durante o exercício da profissão.

Porém, muitos cursos de formação permanente trazem discursos acadêmicos que pouca relação possuem com o cotidiano da Escola básica, então, para

que os programas de formação permanente sejam eficazes, precisam incorporar iniciativas de cooperação educacional, que aprendam com as experiências vividas pelos professores e que integre não apenas as dimensões do saber científico, técnico e pedagógico, mas que considere também o desenvolvimento de competências pessoais e sociais.

Para Menezes (1996), o modelo de formação continuada deve sustentar-se nas necessidades do docente em sala de aula, e em seu desenvolvimento pessoal, pois o professor de Ciências deve ser um investigador permanente e atualizado em relação às teorias científicas.

Perrenoud (2000, p. 14) salienta as novas competências profissionais para ensinar, ressaltando que, atualmente, deve-se valorizar a prática reflexiva, o trabalho em equipe, a autonomia e as pedagogias diferenciadas, destacando 10 competências prioritárias coerentes com o novo papel dos professores:

1. Organizar e dirigir situações de aprendizagem.
2. Administrar a progressão das aprendizagens.
3. Conceber e fazer evoluir os dispositivos de diferenciação.
4. Envolver os alunos em suas aprendizagens e em seu trabalho.
5. Trabalhar em equipe.
6. Participar da administração da escola.
7. Informar e envolver os pais.
8. Utilizar novas tecnologias.
9. Enfrentar os deveres e dilemas éticos da profissão.
10. Administrar sua formação contínua.

Segundo Demo (1999), a educação atual impõe desafios e a didática de aprender a aprender é hoje a competência própria do educador moderno, e se espera que

ele consiga motivar o aluno para o mesmo desafio. O aluno precisa ser levado a aprender a aprender e não a decorar, memorizar, copiar e fazer provas.

A formação do professor, quando adequada, garante que ele tenha subsídios para implementar práticas pedagógicas diversificadas, visando uma melhoria da qualidade de ensino e, conseqüentemente, a promoção da aprendizagem significativa dos estudantes.

Para Alves (2001), a construção de uma escola de qualidade, centrada nos interesses e necessidades dos alunos, evidência do compromisso com um projeto educacional a ser desenvolvido com esses alunos, envolve a luta pela revitalização dos cursos de formação de professores.

Linhares e Leal (2002) afirmam que, pensar hoje em cursos de formação e atualização para educadores reflexivos, é considerar o imbricamento da teoria e da prática como o mecanismo para uma educação emancipatória e transformadora. Nesta perspectiva, os cursos de formação de professores precisam estar voltados para a construção de profissionais que, enquanto seres pensantes, busquem, cada vez mais, mecanismos capazes de transcender a visão de mundo centrada na racionalidade instrumental. Deste modo, os currículos precisam se basear na construção de conhecimentos que possibilitem a emancipação dos sujeitos envolvidos no processo de ensino.

Segundo as autoras acima citadas, é preciso pensar a formação permanente de educadores vinculada à construção do conhecimento para além das oficinas tarefairas, pois, atualmente, faz-se necessário que o professor considere não apenas as idéias que os alunos trazem para a escola, mas que conheça também as

condições de vida deste aluno, proponha estratégias de ensino que estimulem a discussão das causas mais profundas dos problemas de seu cotidiano, já que a aprendizagem ocorre nas relações de troca entre professores e alunos, nos encontros e desencontros. Isso nos leva a pensar na formação de professores, tendo em vista uma perspectiva crítica, evitando que as escolas sejam instrumentos de reprodução social.

Deste modo:

“Os programas de formação de professores devem estar comprometidos com a transformação da realidade para o benefício de todos, utilizando conhecimento e crítica como bases fundamentais para a realização de uma democracia plena, percebe-se, portanto, a necessidade de uma formação de professores integrando aspectos pessoais, organizacionais, coletivos e pedagógicos, uma formação voltada pela reflexão sobre o vivido, pela interpretação teórica da prática, pela partilha coletiva, pelo rompimento com os esquemas curriculares tradicionais, valorizando a transdisciplinaridade, conhecendo e discutindo experiências curriculares inovadoras para a formação de professores”.

## **5.2 A prática docente**

Diante dos objetivos elaborados para a presente pesquisa, torna-se importante apresentarmos alguns referenciais que analisam a prática pedagógica e nortearam nossos trabalhos.

A educação é um tipo de atividade que se caracteriza fundamentalmente por uma preocupação, por uma finalidade a ser atingida. Ela, dentro de uma sociedade, não se manifesta como um fim em si mesma e sim como um instrumento de transformação social, necessitando de pressupostos e conceitos que fundamentem e orientem seus caminhos.



A atuação da escola consiste na preparação intelectual e moral dos alunos; seu compromisso é com a cultura e com o enfrentamento de problemas sociais.

Ensinar envolve também estimular o desejo de saber; e educar não é apenas ensinar, mas criar situações de aprendizagem nas quais todos os aprendizes possam despertar, mediante sua própria experiência do conhecimento, para sua dignidade, e tornar-se sujeitos do seu futuro.

Para Assmann (1998), a educação só consegue bons resultados quando se preocupa em gerar experiências de aprendizagem, criatividade para construir conhecimentos e habilidade para saber acessar fontes de informação sobre os mais variados assuntos.

Segundo Piaget (1978), o ensino deve centrar-se no desenvolvimento de capacidades formais e não na transmissão de conteúdos, deve considerar o “aprender a aprender” e o “aprender a pensar”.

Na intenção de promover a aquisição de determinados conteúdos e atingir determinados objetivos, é necessário que o professor reflita sobre os métodos de ensino que são empregados como a valorização do trabalho dos alunos, as suas interações com os conteúdos propostos e o reconhecimento de pré-concepções dos educandos.

Gimeno Sacristán e Perez Gómez (1998) citam que é necessário criar um espaço de conhecimento compartilhado, para que as novas posições da cultura acadêmica sejam reinterpretadas e incorporadas aos esquemas de pensamento experiencial e prévios do próprio aluno.

Nesse sentido, Piaget (1978) afirma que a aprendizagem escolar não é uma recepção passiva de conhecimentos, mas um processo ativo de elaboração. O ensino deve favorecer as múltiplas interações entre o aluno e os conteúdos, já que, o aluno constrói seus próprios conhecimentos através da ação. Sendo assim, os processos educacionais precisam respeitar e favorecer ao máximo a atividade do aluno.

Driver (1989) afirma que a literatura elaborada nas últimas décadas indica que as crianças vêm para as aulas com concepções prévias que podem diferir substancialmente das idéias a serem ensinadas e que tais concepções influenciam na aprendizagem futura e podem resistir a mudanças.

Perrenoud (2000) complementa dizendo que a escola não constrói a partir do zero, nem o aprendiz é uma tábula rasa, uma mente vazia; ele sabe, ao contrário, “muitas coisas”, isto é, ele questionou e assimilou ou elaborou respostas que o satisfazem provisoriamente. Assim, o ensino pode chocar-se de frente com as concepções dos aprendizes; tais concepções fazem parte de um sistema de representações que tem sua coerência e suas funções de explicação do mundo e que se reconstitui sub-repticiamente, a despeito das demonstrações “irrefutáveis” e dos desmentidos formais feitos pelo professor.

Ainda segundo Perrenoud (2000), trabalhar a partir das representações dos alunos não consiste em fazê-las expressarem-se, para em seguida desvalorizá-las. O importante é dar-lhes regularmente direitos na aula, interessar-se por elas, tentar compreender sua raízes e sua forma de coerência, não se surpreender se elas surgirem novamente, quando as julgávamos ultrapassadas. Para isso, deve-se abrir espaços para discussão, evitar descartar imediatamente as analogias falaciosas, as explicações

animistas ou antropomórficas e os raciocínios espontâneos, sob pretexto de que levam a conclusões errôneas. Trabalhando dessa maneira, dialogando com eles, avalia suas concepções para aproximá-las dos conhecimentos científicos a serem ensinados. É importante fundamentar-se nas representações prévias dos alunos, mas não se fechar nelas, e sim encontrar um ponto de entrada em seu sistema cognitivo, uma maneira de desestabilizá-los o suficiente para levá-los a restabelecerem o equilíbrio incorporando novos elementos às representações existentes, reorganizando-as se necessário.

Zabala (1998) considera que as opiniões dos alunos são a matéria-prima para a construção do discurso do professor. Os momentos de diálogo também podem auxiliar a avaliação que o professor faz de cada aluno.

Seguindo este pensamento, Luckesi (1994) esclarece que ensinar não é simplesmente ir para uma sala de aula onde se faz presente uma turma de alunos e “despejar” uma quantidade de conteúdos. É sim uma forma técnica de possibilitar aos alunos a apropriação da cultura elaborada da melhor e mais eficaz forma possível - sendo necessário deter recursos técnicos e habilidades de comunicação que facilitem a apropriação do que se comunica. É preciso desejar ensinar, querer ensinar, ter paixão nessa atividade, o que, para Villani (2001), dá lugar à “arte de ensinar”.

Para Fosnot (1998), é preciso “vender” aos alunos um corpo de conhecimentos, mas se sua apresentação não for boa, eles não irão comprar. Portanto, educadores poderão utilizar estratégias e recursos para motivar e surpreender os educandos. Para isso, precisam dispor de diversos instrumentos para que as aulas sejam mais interessantes e menos monótonas; participar das discussões ouvindo o ponto de vista de cada aluno e não somente expondo o seu como verdade absoluta.

Segundo Perrenoud et al. (2001), as competências do professor estão diretamente ligadas as suas capacidades de racionalizar sua própria prática, de criticá-la e de revisá-la; competências essas construídas a partir do confronto com situações complexas reais, nas quais as práticas são desconstruídas e reconstruídas. Complementando, Moraes (2003) afirma que o professor constrói sua prática, com base em um conjunto de experiências e conhecimentos que adquire ao longo de seu trabalho docente.

De acordo com Zabala (1998), no processo de ensino-aprendizagem é muito importante a maneira como o professor organiza sua sequência didática, os recursos e estratégias que utiliza, a distribuição no tempo e no espaço, o respeito aos ritmos de aprendizagem de cada aluno e o critério de avaliação, tudo em torno de determinadas intenções educacionais, mais ou menos explícitas.

A maneira como as tarefas são elaboradas pode funcionar como uma janela na evolução e aparecimento dos construtos cognitivos, podendo oportunizar a evolução das idéias dos alunos e permitir ao educador ter acesso a essa evolução.

Enfatizar uma atividade, uma estratégia que favoreça ao estudante construir as noções necessárias para a compreensão da ciência precisa ser quesito básico nos procedimentos dos professores em sala de aula.

Krasilchik afirma que (1987, p. 54):

“Uma das características do mau ensino das Ciências é fazê-lo de forma expositiva, autoritária, livresca, mantendo os estudantes inativos tanto intelectual como fisicamente. Mesmo quando lidam com materiais, espécimes, instrumentos, eles podem se manter passivos do ponto de vista mental. Isto porque o aprendizado das Ciências inclui não só a habilidade de observação e manipulação, mas também especulação e formação de idéias próprias. Para

tanto é essencial intensa e profunda integração de cada um dos alunos no processo de estudo”.

Zabala (1998) considera que tudo o que o professor faz em sala de aula incide na formação de seus alunos. A maneira como uma aula é organizada, os incentivos, as expectativas depositadas, os materiais utilizados veiculam determinadas experiências educativas. O autor ainda cita que educar é formar globalmente e que a prática docente deve ser sempre vista como uma ação reflexiva. Descreve, ainda, que não basta que os alunos simplesmente aprendam conteúdos, mas que tenham subsídios para compará-los com o que é novo, identificando semelhanças e diferenças e que os integre em seus esquemas para utilizá-los e, quando isso acontece é possível considerar que se está produzindo uma aprendizagem significativa.

Na visão de Libâneo (1994), o trabalho docente é um dos meios pelo qual os indivíduos são preparados para a vida social, sendo a prática educativa não apenas uma exigência da vida em sociedade, mas também o processo de prover os indivíduos dos conhecimentos e experiências culturais, que os tornam aptos a atuar no meio social e a transformá-lo em função de necessidades econômicas, sociais e políticas da coletividade.

Nesse sentido, cabe ao professor conceber estratégias de trabalho com seus educandos de modo a promover o questionamento, o debate, a investigação visando o entendimento da Ciência como uma construção histórica e como um saber prático, superando as limitações de um ensino passivo.

Moraes (2003) considera que o professor precisa desempenhar o papel de mediador, elaborando um conjunto de atividades que possibilitem aos alunos

avançarem do conhecimento que já dominam em direção a novos conhecimentos, transformando os conteúdos a serem trabalhados em problemas significativos e de interesse dos alunos.

Complementando este pensamento, Menezes (1996, p.154) afirma que é preciso que o professor saiba preparar atividades cuja realização permita aos estudantes construir conhecimentos e isto supõe que os professores saibam:

a) propor situações problema que – levando em conta as idéias, visão de mundo, destrezas e atitudes dos alunos e alunas – gerem interesse e proporcionem uma concepção preliminar da tarefa; b) orientar o estudo qualitativo das situações problemáticas propostas e a tomada de decisões para indicar problemas precisos (espaço para os estudantes comecem a explicitar funcionalmente suas concepções); c) orientar o tratamento específico dos problemas propostos; d) promover repetidamente o manuseio dos novos conhecimentos, em situações variadas, para possibilitar seu aprofundamento e confiabilidade.

Para Zabala (1998), as atividades propostas devem partir de situações significativas e funcionais para que o conteúdo possa ser aprendido junto com a capacidade de poder utilizá-lo quando seja conveniente. Por isso, é imprescindível que este conteúdo tenha sentido para o aluno: ele deve saber para que serve e que função tem. Caso se desconheça sua função, ter-se-á aprendido o conteúdo, mas não será possível utilizá-lo quando se apresente a ocasião.

Para Carvalho e Gil-Pérez (1995), falar de reconstrução de conhecimentos científicos ou de pesquisa, supõe considerar a aprendizagem como tratamento de situações problemáticas de interesse para os alunos e citam que para Bachelard (1938) “*todo conhecimento é resposta a uma questão*”; não se pode

conceber uma pesquisa que não esteja ligada a problemas que interessem ou preocupem.

Zabala (1998) afirma que é possível partir da realidade e aproveitar os conflitos que nela se apresentam para trabalhar muitos conteúdos. Sendo assim, é preciso aproveitar as experiências vividas pelos alunos, os conflitos ou pontos de vista contrários que apareçam em suas vivências ou na dinâmica da aula, a fim de promover o debate e a reflexão sobre os valores que decorrem das diferentes atuações ou pontos de vista; é preciso propor situações que ponham em conflito os conhecimentos, as crenças e os sentimentos de forma adaptada ao nível de desenvolvimento dos alunos. Ele considera que a chave do todo ensino está nas relações que se estabelecem entre os professores, os alunos, e os conteúdos de aprendizagem. Neste contexto, segundo este autor, as atividades são o meio para mobilizar a trama de comunicações que pode se estabelecer em classe. As relações que ali se estabelecem definem os diferentes papéis dos professores e dos alunos.

Alves (2001) considera que o professor precisa contemplar a prática vivida pelos alunos como ponto inicial do planejamento e da implementação do currículo e do ensino. Para esta autora, esse princípio está muito presente no currículo acadêmico, porém é aplicado insatisfatoriamente na sala de aula já que alguns professores ignoram essa prática, outros não a entendem bem e ainda existem aqueles que não conseguem colocá-la em ação.

Conforme Zabala (1998), para poder estabelecer os vínculos entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios trazidos pelos alunos, em primeiro lugar é preciso determinar que interesses, motivação, comportamento, habilidades, etc., os

alunos possuem, e utilizar estes dados como ponto de partida no planejamento de uma atividade para motivar o interesse deles; fazer com que os objetivos de saber, realizar, informar-se, aprofundar sejam conseqüências dos interesses detectados; que os educandos possam saber sempre o que se pretende nas atividades que realizam e, que sintam que o que fazem satisfaz alguma necessidade. Para isso, é preciso que os alunos tenham a oportunidade de expressar suas idéias, portanto, é preciso gerar um ambiente em que seja possível que os alunos se abram, façam perguntas e comentem o processo que seguem, através de situação de diálogo e participação, como meio para exploração dos conhecimentos prévios.

Neste contexto, a escolha dos conteúdos, correspondente aos objetivos que o professor pretende alcançar com a educação obrigatória, precisa considerar o protagonismo que se atribui ao aluno como sujeito ativo na construção do conhecimento. Sendo assim, os conteúdos precisam ser organizados visando assegurar ao máximo que as aprendizagens sejam as mais significativas possíveis, para que o que os alunos aprendam lhes ajude a se formar como cidadãos competentes, aptos a compreender a sociedade em que vivem e participar nela construtivamente (ZABALA, 1998).

Conteúdos significativos, se abordados numa perspectiva transformadora, propiciam aos alunos a oportunidade de ampliarem a leitura da realidade, e essa conscientização poderá levar a ações que promovam transformações sociais.

Percebe-se, portanto, a necessidade de tomarmos a experiência de vida e a cultura de origem do aluno como pontos de partida, tanto para a escolha de



conteúdos, quanto para o desenvolvimento de uma prática pedagógica voltada para os interesses do próprio alunado. É preciso que o professor incentive o educando criando condições que favoreçam seu desempenho, sua aprendizagem, valorizando a cultura do aluno e também lhe apresentando a cultura erudita.

De acordo com Libâneo (1999, p. 43):

O professor precisa juntar a cultura geral, a especialização disciplinar e a busca de conhecimentos conexos com sua matéria, porque formar o cidadão hoje é, também ajudá-lo a se capacitar para lidar praticamente com noções e problemas surgidos nas mais variadas situações, tanto do trabalho quanto sociais, culturais, éticas. Frequentemente os professores estarão trabalhando com situações-problema, temáticas integradoras, que requerem uma alfabetização científica e tecnológica, pela qual se incorpora aos saberes do cotidiano uma perspectiva mais estruturada, mais elaborada, para superar o sendo comum.

Não somente a escolha de conteúdos e práticas são suficientes para a implantação de um currículo de ensino. A aquisição de determinados conteúdos requer o uso de materiais didáticos adequados e conforme Zabala (1998) é preciso se utilizar materiais curriculares diversificados que, como peças de uma construção, permitam que cada professor elabore seu projeto de intervenção específico, adaptado às necessidades de sua realidade educativa e estilo profissional. Quanto mais variados sejam os materiais, mais fácil será a elaboração de propostas singulares. Este autor destaca que de nenhum modo os materiais curriculares podem substituir a atividade construtiva do professor, nem a dos alunos, na aquisição das aprendizagens, mas é um recurso importantíssimo que, bem utilizado, não apenas potencializa este processo, como oferece idéias, propostas e sugestões que enriquecem o trabalho profissional. Os

docentes precisam analisar, selecionar e avaliar esses materiais antes de utilizá-los arbitrariamente.

Segundo Schön (2000), o professor é também um prático reflexivo e busca rever constantemente suas ações e compreender seu sentido. De acordo com Mion e Saito (2001), ao refletir sobre seu trabalho, o professor encontra elementos para melhorá-lo e transformá-lo.

Deste modo, é de extrema importância que os professores discutam e reflitam sobre o currículo escolar, se estão de acordo com seus objetivos e com a aprendizagem que pretendem desenvolver. Para isso, é preciso que o professor seja um profissional informado, reflexivo, aberto a mudanças e se disponha a inovar o ensino, favorecendo a implantação de um sistema educacional que proporcione uma formação científica sólida, democrática e atual e transmita aos educandos, de forma crítica e ética, as mais recentes conquistas da ciência.

É preciso também, que o professor reflita, não somente sobre sua prática pedagógica, ou sobre os materiais que utiliza, como também, sobre sua forma de avaliar. De acordo com Menezes (1996) é preciso refletir sobre as transformações no processo de avaliação, questionando sua redução a uma mera pontuação dos estudantes e convertê-la num instrumento de aprendizagem, como também superar a habitual memorização repetitiva de conteúdos e ampliar a prática da avaliação ao conjunto de saberes, habilidades, atitudes e valores que se pretende contemplar durante a aprendizagem de Ciências, convertendo-a em um instrumento de melhoria do ensino.

Sendo assim, é necessário considerar a avaliação como um processo constante de acompanhamento da aprendizagem do aluno, sendo um instrumento de formação que leve em conta, além dos conceitos, as capacidades, atitudes e valores.

Carvalho e Gil-Pérez (1995) ressaltam a importância de se romper com a concepção de avaliação como simples julgamento dos alunos, e fazê-los sentir que, realmente, se trata do acompanhamento de uma tarefa coletiva que incidirá positivamente na mesma. O objetivo da avaliação não é apenas avaliar e classificar o aluno, e sim orientar a prática pedagógica e os conhecimentos discutidos em sala de aula.

Para Perrenoud (2000), é preciso que o professor observe e avalie os alunos, em situações de aprendizagem de acordo com uma abordagem formativa: realizando avaliações periódicas das aquisições dos alunos, observações contínuas, considerando tudo que possa auxiliar a aprendizagem de seus alunos. Para este autor, não se pode separar a avaliação do ensino e para que os professores saibam ensinar melhor, eles precisam saber avaliar.

Além disso, é necessário, também, que o professor saiba analisar criticamente o ensino habitual e reconheça as limitações dos currículos propostos e, ao mesmo tempo reducionistas que deixam de lado aspectos históricos, sociais, entre outros. É preciso que o professor reconheça que a construção de conhecimentos precisa de tempo (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 1995).

Entende-se, deste modo, que o trabalho docente não consiste apenas em ministrar aulas (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 1995), antes disso é importante uma séria preparação das aulas a serem dadas, que precisam estar associadas a tarefas de inovação

e pesquisa. Deste modo, o ensino poderá ser efetivo, adquirindo o interesse de uma tarefa criativa. Para isso, é preciso, antes de tudo, que o professor tenha um conhecimento adequado do conteúdo que deseja ensinar. Sem isso, segundo Menezes (1996), os professores tornam-se inseguros, completamente dependentes do livro didático e pouco predispostos a desenvolver experiências inovadoras em sala de aula.

Para Serbino et al. (1998, p.116) *“O professor precisa sentir segurança para aplicar uma proposta didática e ela decorre do conhecimento proveniente de leituras ou o fato de dispor de um colega como fiador da prática proposta”*. A docência repetitiva de saberes fechados não estimula a pesquisa, nem a leitura e o embate, e torna-se um dos processos mais desqualificados reduzindo o professor a um mero aulista de saberes.

A escola funciona na sociedade de hoje com efeito na sociedade do futuro; é inadmissível que o professor continue ministrando uma ciência acabada, morta e desatualizada. Será cada vez mais difícil motivar alunos a estudar uma ciência do passado, cristalizada. Um programa dinâmico, de ciências de hoje, que está sendo feita hoje, e que vai se manifestar na sociedade do amanhã é o que os alunos esperam.

É muito comum observarmos discursos de professores que valorizam as questões aqui levantadas: valorizar os conhecimentos prévios dos alunos, contextualizar o ensino, promover práticas diferenciadas que motivem e despertem o desejo de aprender nos alunos, entre outras. Porém, é notório o descompasso entre teoria e prática. Antes de tudo, é preciso eliminar a distância entre o que “pensam” e o que os professores realmente “fazem” para, então, promover práticas pedagógicas voltadas para um ensino efetivo.

Para isso, é importante, conforme afirmamos anteriormente, que o professor esteja atento e reflita sobre sua prática educativa, sobre as experiências didáticas, sobre os conteúdos utilizados, sua forma de avaliar, o grau de participação dos alunos e utilize esses dados para melhorar e oferecer um ensino de qualidade (ZABALA, 1998).

Segundo Maurice Debesse, (apud Hannoun, 1998) “*a verdadeira educação é aquela em que o educador ajuda o educando a criar-se*”; Reboul (1989, apud Hannoun, 1998) complementa afirmando que “*educar não é fabricar adultos de acordo com um modelo, mas libertar cada homem daquilo que o impede de ser ele mesmo, permitir-lhe realizar-se segundo seu gênio singular*”; pois ensinar “*não é fazer saber, é fazer aprender*”.

Vasconcellos (2002) afirma que o professor precisa provocar, desafiar, contagiar, despertar o desejo e o interesse no educando, a fim de que possa se dar a interação educativa e a construção do conhecimento, bem como a instrumentalização, de forma que o educando possa continuar aprendendo, autonomamente.

Zabala (1998) afirma que educar significa formar cidadãos e cidadãs, que não estão parcelados em compartimentos estanques com capacidades isoladas. Os conteúdos de aprendizagem não se reduzem unicamente às contribuições das disciplinas ou matérias tradicionais. Portanto, também serão conteúdos de aprendizagem todos aqueles que possibilitem o desenvolvimento das capacidades afetivas, de relação interpessoal e de inserção social.

## **CAPÍTULO VI**

Pretende-se apresentar, no decorrer desse capítulo, uma análise dos dados coletados, realizando algumas inferências referentes a abordagens de determinados conteúdos, às informações transmitidas e à metodologia utilizada pela professora.

### **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Conforme especificado anteriormente, as aulas de Biologia, para a turma escolhida, referentes aos conteúdos de genética, foram observadas de maneira sistemática durante três bimestres consecutivos (de maio a dezembro de 2004), totalizando 50 aulas (numeradas de 1 a 50) de 50 minutos cada aula.

Acreditamos que não se pode reduzir o ato de ensino do professor somente aos aspectos observáveis na sala de aula, pois existem outros aspectos que têm lugar importante no processo ensino-aprendizagem como: conversas com os alunos fora da sala de aula, preparo das aulas, convivência com os colegas, entre outros.

Ao iniciarmos as observações, a professora mostrou-se disposta a oferecer todo o material que utilizaria em suas aulas,(anexo 5), como textos xerocados de livros didáticos, avaliações, trabalhos dos alunos, entre outros. Como, inicialmente, não era possível saber qual material seria significativo, a fase inicial da pesquisa foi mais aberta, para que pudéssemos adquirir uma idéia mais ampla da situação, dos sujeitos, do contexto e das principais questões de estudo. O foco das observações centralizou-se sobre o conteúdo trabalhado, à metodologia utilizada pela professora e às relações interpessoais ocorridas durante as aulas. Após realizar toda observação, alguns materiais foram selecionados e analisados minuciosamente. São eles: o questionário de pré e pós-testes (anexo 1), quatro aulas nas quais a professora abordou os avanços científicos recentes (aulas de número 28, 29, 30 e 31), um trabalho dos alunos solicitado pela professora com o tema: Transgênicos (anexo 2) e uma entrevista semi-estruturada realizada com a professora (anexo 3).

Antes de iniciar a pesquisa, a professora relatou que a turma observada era muito numerosa, heterogênea, e composta por alunos de diferentes níveis, inclusive por alunos advindos de classes de aceleração<sup>18</sup>, e que muito deles não se interessavam pelas aulas e eram indisciplinados.

---

<sup>18</sup> Projeto implantado a partir do Parecer CEE nº 170/96 com o objetivo de recuperar a defasagem de aprendizagem entre os alunos.

A primeira observação da classe ocorreu no início do estudo sobre genética. Após realizarmos uma rápida apresentação e explicação a respeito da pesquisa que seria desenvolvida sobre o ensino de genética solicitamos a participação dos alunos, a colaboração e a permissão para que as aulas de Biologia pudessem ser acompanhadas. Em seguida houve a aplicação do questionário pré-teste.

### **6. 1 O questionário de pré e pós-teste**

Antes que a professora iniciasse o estudo do conteúdo de genética, foi entregue um questionário aos alunos presentes. Este questionário consistia de 11 questões dissertativas relacionadas a conceitos de genética básica e conhecimentos sobre as recentes pesquisas na área da genética molecular (anexo 1), pois, de acordo com Justina (2001), o entendimento das novas tecnologias da área de genética está diretamente relacionado ao domínio do conhecimento de conceitos básicos como: gene, cromossomos, divisão celular, expressão gênica, ácidos nucleicos.

A aplicação do questionário de pré-teste teve por objetivo fazer um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos sobre genética básica e assuntos relacionados à engenharia genética e genética contemporânea. Esse questionário foi novamente aplicado ao término do estudo do conteúdo de genética (questionário pós-teste) no intuito de verificar a influência do ensino nos conhecimentos prévios dos alunos. Porém considerou-se conveniente desconsiderar esses dados em favor dos demais coletados durante a pesquisa.



Durante a aplicação do pré-teste, a professora auxiliou em diversos momentos esclarecendo as dúvidas de entendimento em relação às questões, sem, no entanto, respondê-las, e pediu a atenção dos alunos, para que eles respondessem individualmente e da melhor forma possível. Esta atividade durou 1 aula, ou seja, 50 minutos.

Cabe ressaltar, porém, que a breve análise desse questionário nos revelou que a maioria dos alunos traz para a escola pré-concepções sobre determinados assuntos, e isso não pode ser ignorado pelo professor, pelo contrário, poderia ser utilizado como ponto de partida para a abordagem dos conceitos de genética básica e dos conhecimentos sobre os avanços científicos recentes, fornecendo aos alunos as visões da ciência sobre determinados assuntos e os conhecimentos científicos aceitos na atualidade.

Notou-se também que os alunos se interessam pelas temáticas contemporâneas, como a clonagem, organismos transgênicos e projeto genoma, pois demonstraram, em suas respostas, curiosidade em aprender sobre esses assuntos. Evidenciou-se também que, apesar da grande maioria relatar que já leu sobre o assunto, ao serem questionados a respeito de possíveis prejuízos ou benefícios das pesquisas em genética molecular, os estudantes não souberam opinar a respeito do assunto, talvez devido a falta de conhecimentos precisos sobre essas temáticas, indicando a superficialidade das reportagens, a respeito desses temas, trazidas pelos meios de comunicação. Portanto, a leitura de reportagens que abordam tais temas não é suficiente para fornecer informações relevantes que auxiliem um indivíduo em tomadas de posição frente às polêmicas relacionadas às pesquisas recentes sobre genética

molecular. Neste sentido, justifica-se a importância da presente pesquisa para identificação da abordagem efetiva dessas temáticas e as possíveis influências em processos de tomadas de decisão.

## **6.2 Descrição e análise das observações**

De acordo com Bogdan e Biklen (1994), após cada observação, ou sessão de investigação, é preciso que o investigador registre todos os dados coletados, pois esses descrevem as pessoas, as conversas e as atividades, e a partir desses registros o pesquisador poderá realizar suas reflexões e selecionar dados relevantes para seu estudo, portanto, essas descrições precisam ser profundas e detalhadas para que o pesquisador se aprofunde e compreenda o que ocorre no meio observado.

Porém, como mencionado anteriormente, relataremos minuciosamente apenas os episódios de ensino considerando relevantes para a pesquisa tendo em vista os objetivos anteriormente estabelecidos. Contudo, antes de relatar essas descrições detalhadas consideramos de extrema valia descrever os conteúdos abordados durante as aulas acompanhadas e a metodologia utilizada pela professora.

Em todas as aulas, a professora entrava na sala, sentava-se, fazia a chamada dos alunos e então iniciava sua aula.

Demonstrou, com frequência, uma preocupação em fornecer explicações, retomar conhecimentos e, em algumas ocasiões, reportou-se a aulas anteriores para recordar alguns conceitos abordados ou então para recordar o que

dissera anteriormente deste modo, fornecia explicações e retomava conhecimentos já adquiridos pelos alunos, que pudessem tornar mais significativas as informações que transmitia. Para exemplificar essa preocupação, podemos mencionar um exemplo: já na primeira aula, ao iniciar o estudo dos conteúdos referentes à Genética, a professora relembrou alguns conceitos como cromossomos homólogos, genes alelos, a constituição da molécula de DNA.

Em todas as aulas, a professora permitia que os alunos participassem questionando, tirando dúvidas, respondendo a perguntas que ela fazia e, chamando pelo nome alguns alunos que ela percebia que estavam dispersos ou conversando. Embora, por muitas vezes, ela tenha dado oportunidade à manifestação de dúvidas e pedidos de esclarecimento, nas primeiras aulas poucos alunos o fizeram, mas com o passar das aulas, percebeu-se que os alunos tornaram-se mais participativos, questionavam mais e realizando colocações quando a professora solicitava.

Para Vasconcelos (2002), os alunos expressam suas dúvidas, hipóteses, descobertas e os caminhos de soluções de problemas a partir do momento que o educador promove espaço e clima de confiança e amabilidade, características que se desenvolvem com o tempo de convívio.

Cunha (1989) constatou em sua pesquisa que não é comum que os alunos interrompam a aula para que o professor explique expressões que não dominam, pois os alunos temem o erro e o silêncio seria uma forma de proteção da avaliação do professor. Neste contexto, cabe ao professor a iniciativa de esclarecer conceitos e explicitar claramente sua fala. Porém, a participação do aluno na aula é fundamental e, segundo a autora, existem estratégias que favorecem esta participação, quando o

professor chega perto do aluno chamando-o pelo próprio nome, por exemplo, há uma interação que faz o aluno se sentir sujeito do ato de aprender. Isto o anima a interferir no conhecimento, ainda mais quando o professor utiliza palavras de estímulo à sua capacidade de pensamento ou condições de experimentação.

Ao explicar o conteúdo, a professora fazia questão que todos os alunos a ouvissem e para isso chamava a atenção de alguns educandos muitas vezes procurando manter a disciplina na sala de aula. Nestes momentos perceberam-se atitudes enérgicas com os alunos, por algumas vezes, por exemplo, observou-se a professora chamando a atenção dos alunos e mantendo a disciplina através de ações firmes e enfáticas. Para Cunha (1989), o professor é a principal fonte de conhecimento sistematizado, e está nele a tomada de decisões sobre o seu fazer docente, é ele que organiza o contexto da aula, incentiva a participação do aluno, trata da matéria de ensino, varia o estímulo a linguagem, portanto, é o professor que organiza sua aula de acordo com seus objetivos e com a aprendizagem que quer desenvolver.

Todas as aulas foram expositivas dialogadas, baseadas na fala da professora. Não houve práticas de laboratório, e utilizou-se muito da resolução de problemas e a construção do quadro de Punnet na lousa. Em pesquisa realizada, Trivelato (1988, p. 66) constatou que embora aparentemente este quadro facilite a resolução de exercícios, prejudica a compreensão dos processos que sua construção pretende esquematizar e recomenda, portanto, evitar sua utilização:

*“(...) sua utilização impõe aos alunos um modelo de raciocínio que independe da compreensão do mecanismo implícito na sua elaboração, ou seja, a segregação de genes na formação de células reprodutivas e a combinação de genes por meio da união de gametas dos indivíduos que se cruzam”.*

Parte do material utilizado durante as aulas foi disponibilizado pela professora, a partir de cópias de livros didáticos (anexo 5) e os alunos xerocavam suas cópias, outras vezes ela copiava o conteúdo dos livros na lousa para os alunos reproduzirem em seus cadernos.

Pode-se observar também que a professora interagiu muito com os alunos ao explicar sobre o conteúdo, ou realizar leituras em conjunto com os educandos, sempre questionando os alunos sobre o significado de palavras ou a interpretação do que liam, inclusive em algumas ocasiões, dispensou atendimento individual e nestes momentos houve uma interação professor-aluno mais estreita e isso propiciou maior participação e manifestação dos estudantes.

Durante as leituras, solicitava que algumas palavras fossem grifadas e discutia o significado das mesmas, num desses momentos, por exemplo, pediu para que grifassem as palavras homocigoto e heterocigoto, e em seguida explicou o significado delas, e disse: *“vocês precisam se ligar no vocabulário”*. Neste momento pode-se notar preocupação da professora com a aquisição da linguagem. Além disso, ela sempre questionava os educandos sobre a maneira como resolveriam alguma situação problema ou a maneira como haviam interpretado o enunciado de um exercício, por exemplo.

O fato de o professor usar a indagação como forma de conduzir a aula, coloca os alunos mais à vontade para também perguntarem; o uso de perguntas pelo professor, no intuito de incentivar a participação, provoca no aluno uma disponibilidade maior de participar com suas próprias questões. As perguntas

exploratórias também envolvem os alunos no assunto em discussão e, além disso, mantém o professor informado sobre o nível de atenção dos educandos (CUNHA, 1989).

A seqüência de conteúdos adotada pela professora em suas aulas correspondeu àquela apresentada pelo livro didático que constantemente ela utilizava: PAULINO, W. R., *Biologia – série novo Ensino Médio* (Edição Compacta). Ática: 2003, 320p. Vale relatar que, logo na primeira aula, após a aplicação do questionário pré-teste, os alunos perguntaram para a professora o que significava a palavra genoma e ela respondeu: “*é todo mapeamento do nosso corpo, são os 46 cromossomos*”; esta definição apresentada pela professora induz à confusão entre DNA e “corpo”, e entre DNA e o processo de seu “mapeamento”. É importante lembrar, porém, que se trata de uma definição construída de improviso, situação comum de ocorrer quando o professor dá abertura para discussões.

Em seguida iniciou os estudos sobre a 1ª. Lei de Mendel. A docente explicou o que seria gene, forneceu aos alunos explicações de experimentos que foram realizados e os dados que foram obtidos por Mendel.

Para explicar sobre os cruzamentos realizados por Mendel, a professora explicou sobre a convenção de letras utilizadas para simbolizar os genes dominantes e recessivos responsáveis pelas características das ervilhas, objeto de estudo de Mendel, consideradas naquele momento. Logo após, construiu o quadro de Punnett, discriminando em cada linha e em cada coluna uma dupla de genes, e todas as combinações resultantes desse cruzamento. Feito os cruzamentos, interpretou os resultados obtidos e as conclusões que Mendel retirou de seus trabalhos. Notou-se que

ela incentivou os alunos a refletirem sobre os resultados obtidos e sugerirem uma interpretação para os experimentos apresentados. Deste modo, o relato desse trabalho científico ficou caracterizado como um processo de produção de conhecimento, já que a professora tentou envolver os estudantes na interpretação e busca de significados.

Em seguida, a educadora propôs uma série de exercícios, que ela copiava dos livros na lousa, e solicitou que os alunos resolvessem. Utilizaremos, em alguns momentos, a expressão *situações problema* para indicar os exercícios ou os problemas de genética que foram constantemente utilizados pela professora para propor atividades relacionadas aos conteúdos abordados, porém, isso não significa que estes exercícios propostos representassem problemas verdadeiros, isto é, situações cujo encaminhamento necessitasse ser construído, já que, muitas vezes, representavam exercícios de repetição e não problemas genuínos.

Quanto a predominância da abordagem de situações problema durante todo o ensino de genética Molina e Francisco (2000, p. 440) apontam que “*aprender a partir de problemas questões sobre a herança biológica não é uma tarefa fácil*”, porém, os alunos se interessam por atividades que estabeleçam relações de *efeito-causa* como são apresentadas em problemas, característica que pode favorecer o desenvolvimento de destrezas cognitivas de auto nível.

Nas ocasiões em que a professora propunha a resolução de exercícios, ficou evidente que quando os alunos são solicitados a resolver problemas relacionados à genética humana envolvem-se intelectualmente de maneira mais produtiva. Segundo

Trivelato (1988), “*os estudantes aceitam e gostam de desafios intelectuais em que se envolvam produtivamente*”.

Observou-se que, muitas vezes, ao se retratar a Mendel, a professora tratou a ciência como atividade que só pode ser realizada por pessoas com cérebros privilegiados, desvalorizando a inteligência e competência das pessoas que não são cientistas, incluindo os alunos e ela mesma. Em uma das aulas, por exemplo, a educadora perguntou aos alunos o que se deve fazer para estudar genética, então uma aluna respondeu que seria preciso perseverança e a professora completou dizendo: “*é preciso cruzar, observar, elaborar, comprovar, ter iniciativa, coragem e nem todos conseguem. Qual a diferença entre os cientistas e nós?*” Os alunos ficaram aguardando uma resposta e ela apontou a cabeça e explicou: “*os cientistas pensavam*”.

Segundo Cunha (1989), a relação professor-aluno passa pelo trato do conteúdo de ensino; a forma como o professor se relaciona com sua própria área de conhecimento é fundamental, assim como sua percepção de ciência e de produção do conhecimento.

Em nenhum momento a docente tratou a produção do conhecimento científico como uma construção humana que elabora teorias e hipóteses que devam ser estudadas e questionadas, pelo contrário, ela apresentou o conhecimento científico como uma verdade acabada e, portanto, imutável.

Segundo Trivelato (1995), a idéia de ciência, que geralmente, é transmitida aos alunos, coloca a produção científica acima de qualquer suspeita, dúvida



ou interferência; apresenta-se o conhecimento científico distanciado dos problemas e questões da atualidade e, deste modo, é visto pelo aluno como algo distante de seu cotidiano e no qual não possa intervir. De acordo com essa autora, cabe ao professor desfazer tal idéia e apresentar a ciência como uma construção humana passível de erros, que a “verdade científica” não existe, pois conhecimentos que são considerados certos hoje podem não o ser amanhã. Sendo assim, os professores precisam transmitir a idéia de que trabalhamos com conceitos que são aceitáveis para explicar determinados contextos numa dada época.

Para Vasconcelos (2002), a história da ciência pode ajudar o professor no processo de construção de conhecimentos, pois mostrar que os conhecimentos não surgiram prontos e acabados e resgatar o contexto no qual esse conhecimento foi historicamente construído auxilia em sua re-significação. Deste modo, promove-se o entendimento do contexto no qual este conhecimento surgiu e que tipo de problema veio resolver.

Ao terminarem o estudo sobre a 1ª Lei de Mendel (na 11ª aula), na aula seguinte (12ª observação), a professora realizou uma avaliação bimestral com os alunos; esta foi preparada e aplicada pela professora da disciplina (anexo 5), e privilegiava a aprendizagem de conceitos e a resolução de problemas semelhantes aos já resolvidos em aula. Cada aluno respondeu a 10 questões, sendo 2 questões de múltipla escolha e 8 questões dissertativas.

Ao comentar sobre a primeira avaliação realizada, os alunos apresentaram bastante interesse sobre a nota que haviam obtido, porém deram pouca

atenção à discussão das respostas, o que nos revela o papel das notas para eles e a desvalorização do conhecimento em si. Alguns alunos, inclusive, faltavam nos dias marcados para as avaliações, o que demonstra total despreocupação por parte deles com a avaliação que devem realizar. Os exercícios da prova eram muito parecidos com os do caderno, e mesmo assim muitos alunos não conseguiram resolver, indicando que aprenderam muito pouco ou, talvez, não tenham se preocupado em estudar.

Em seguida foi abordada a 2ª. Lei de Mendel (monoibridismo, ausência de dominância e triibridismo), e propostos vários exercícios referentes a esse conteúdo aos alunos. Passadas algumas aulas de resolução e correção de problemas, a professora aplicou a segunda avaliação. Esta avaliação foi realizada em duplas e, semelhante à primeira avaliação, foi preparada e aplicada pela professora e continha seis problemas similares aos já resolvidos em aula, sendo 4 deles de múltipla escolha, porém a professora solicitou que resolvessem os problemas em uma folha e entregassem também a resolução e não somente o resultado.

A professora poderia ter utilizado as avaliações realizadas pelos alunos para avaliar suas metodologias e redirecionar suas aulas, no intuito de promover uma aprendizagem mais efetiva dos conteúdos, porém isso não foi feito. Segundo Luckesi (1994), a avaliação tem que deixar de ser autoritária e classificatória para ser diagnóstica, sair do autoritarismo para auxiliar a educação como prática democrática, tem que estar articulada ao processo de ensino e ultrapassar a simples medida do certo e errado, pois os erros poderão ser ponto de partida para o avanço na medida que são identificados e compreendidos.

Para Perrenoud (2000), o professor precisa trabalhar a partir do erro e dos obstáculos à aprendizagem, pois, para o autor, aprender não é memorizar, e sim reestruturar seu sistema de compreensão do mundo, que ocorre a partir de um trabalho cognitivo.

Após a segunda avaliação, que ocorreu na aula 24, a professora solicitou que os alunos realizassem uma pesquisa sobre os transgênicos (aula 28); este episódio, assim como as aulas selecionadas (aula 29, 30 e 31), nas quais a professora abordou os avanços recentes, serão relatados mais adiante.

Na 32ª observação, a professora abordou conceitos de Polialelia (Grupos sanguíneos e sistema ABO), inclusive convidou os alunos para realizarem exames de sangue para verificar a qual grupo sanguíneo pertenciam, procurou um laboratório de análises clínicas da cidade e levou os alunos que aceitaram para realizarem a coleta de sangue para identificação do sistema ABO e fator RH.

Em seguida, foram abordados os temas *Herança através do Sexo* e *Interação gênica*. Durante o estudo desses conteúdos, a professora fez menção a algumas síndromes genéticas, e em uma das aulas, a docente citou sobre o preconceito vinculado às síndromes genéticas e relatou seu ponto de vista a respeito do assunto. Durante sua explanação, pode-se observar que os alunos permaneceram muito atentos, comentando entre eles e com a professora as questões levantadas.

Segundo Trivelato (1988), o curso de genética poderia começar, por exemplo, pela menção de alguma síndrome causada por aberração cromossômica, pois ao explicar a causa de tal anomalia, o professor poderá introduzir conceitos de genética básica, como os conceitos de cromossomos e a colocação dos processos celulares que

originam a síndrome. Desde modo, motiva-se a aprendizagem dos alunos já que, segundo a autora, estes se interessam por exemplos da espécie humana. Além disso, este tipo de abordagem promove também uma contextualização dos conceitos básicos de genética.

Poucas vezes a docente solicitou atividades extra classe, numa aula recomendou exercícios como tarefa de casa e em outra indicou a realização de uma pesquisa com o tema “transgênicos”. Vale lembrar que a todo momento a professora lembrava aos alunos a importância do estudo e que deveriam prestar atenção às aulas para entender corretamente o conteúdo; relatou que o descompromisso por parte de alguns alunos, em relação à aula, parece ter interferido na compreensão de certos assuntos.

Em nenhum momento, exigiu-se tomadas de posição sobre assuntos relacionados aos avanços científicos recentes e as questões éticas, econômicas, políticas e sociais envolvidas, apenas em uma aula a professora promoveu uma discussão entre os alunos sobre organismos geneticamente modificados (OGMs), aula esta que será detalhada a seguir.

Ao final das observações, pôde-se evidenciar que a maior parte das aulas foram dedicadas a temas de genética mendeliana, centrando as estratégias de ensino na resolução de problemas de genética, fato que pode-se verificar em outras pesquisas realizadas sobre o ensino de genética. Em sua pesquisa, Justina e Ripel (2003) constataram que o ensino de genética, hoje, tem sua estrutura pautada na resolução de problemas referentes a primeira e a segunda leis mendelianas, bem como a

temas ligados a expansão do mendelismo. Durante a execução desses problemas, pode-se observar que alguns alunos trabalhavam em grupo e outros trabalhavam individualmente (a professora não interferia nas escolhas dos alunos). Resumindo, pode-se caracterizar as aulas observadas da seguinte forma:

- Apresentação do conteúdo, com abertura para a participação dos alunos;
- Resolução de um ou mais exercícios modelo;
- Proposição de uma série de exercícios para os alunos resolverem;
- Correção dos exercícios;
- Avaliação.

Raras vezes a educadora investigou os conhecimentos prévios dos alunos. Ela limitava-se a responder perguntas que eventualmente os alunos faziam durante a explicação dos conteúdos.

Para que as aulas possam atender a curiosidade ou necessidades dos alunos e eles possam se envolver efetivamente com a aprendizagem de conteúdos, seria necessário identificar, por exemplo, através de indagações feitas aos alunos durante as aulas, as idéias a respeito do tema a ser abordado. As pré-concepções dos educandos podem ser discutidas para que elaborem ou reelaborem seus próprios conceitos; essas atividades também fazem com que os alunos se sintam à vontade para expor suas opiniões ou dúvidas, uma vez que os estudantes chegam à escola com abundantes informações e pré-concepções sobre os diferentes âmbitos da realidade.

Conforme lembra Menezes (1996), os estudantes não chegam como uma tábula rasa, eles possuem concepções prévias ao ensino as quais têm um papel essencial na aquisição de novos conhecimentos. Rios (1998) complementa, afirmando que professor, por meio do ensino, proporciona um exercício de mediação e encontro com a realidade ao considerar o saber que o aluno já possui, articulando-o a novos saberes e práticas, possibilitando, deste modo, a posição crítica dos educandos diante de situações reais.

A escola tem um grande papel no diagnóstico das pré-concepções e interesses com que os alunos interpretam a realidade e decidem sua prática, e poderá fornecer os conceitos científicos como ferramenta de análise para que cada aluno questione, compare e, se julgar necessário, reconstrua suas pré-concepções, seus interesses e atitudes (PÉREZ GÓMEZ & GIMENO SACRISTÁN, 1998).

Antes de prosseguirmos, porém, é preciso mencionarmos a participação da pesquisadora durante as aulas quando solicitada pela professora para execução de exercícios, auxílio aos alunos na resolução de problemas, relatos de opiniões e até mesmo para ministrar uma aula sobre a história de Mendel.

Pode-se notar que ao participar mais ativamente das aulas, minimizou-se as interferências da presença da pesquisadora nas aulas, pois os alunos passaram a lhe perguntar diretamente questões sobre os conceitos e os cruzamentos realizados e inclusive sobre as temáticas atuais.

Segundo Bogdan e Biklen (1994, p. 128):

“ (...) ser investigador significa interiorizar-se no objetivo da investigação à medida que se recolhem os dados no contexto, assim, conforme se investiga participa-se com os sujeitos de diversas formas (...) Pode-se mesmo ajudá-lo a desempenharem as suas obrigações. Estas coisas são feitas sempre no intuito de promover os objetivos da investigação”.

Segundo Cunha (1989), quanto mais intensa a participação do investigador dentro do grupo em estudo, mais ricos serão seus dados, deste modo, nenhuma oportunidade de convivência pode ser desprezada.

### **6.3 Episódios de ensino selecionados**

As aulas analisadas a seguir foram selecionadas de acordo com os objetivos estabelecidos para a pesquisa, ou seja, verificar de que maneira a temática relativa aos avanços recentes em biologia celular e molecular surge e é abordada em aulas de biologia para o ensino médio. Para facilitar as descrições dos diálogos para a análise, os alunos foram citados através de siglas que representassem o nome deles (MIR, MAR, MAG, KAR, ANG, RIC, DAN, CINT, etc) e a professora da classe pela sigla P.

Durante a 27<sup>a</sup> observação, ocorrida no dia 09/09/2004, após o término de uma avaliação, a professora deixou com uma aluna um material contendo 7 folhas sobre os organismos geneticamente modificados (OGMs), material esse que a docente relatou ter recebido em um curso de capacitação realizado pela Delegacia de Ensino da Região (anexo 6a), e também uma folha composta por uma montagem feita a partir de cópias

de partes de dois livros de Biologia (anexo 6b), contendo informações sobre organismos transgênicos e Projeto Genoma Humano (P. G. H.). A professora recomendou que os demais alunos xerocassem uma cópia. Além disso, solicitou aos educandos que, organizados em grupos, realizassem uma pesquisa sobre o tema *Transgênicos*.

Na aula seguinte, (dia 13/09/2004) que constituiu a 28ª observação, após ter revelado aos alunos as notas da avaliação que haviam realizado na aula anterior, a professora solicitou que, em posse do material que havia deixado para xerocarem a respeito dos OGMs e PGH, realizassem a leitura da 1ª folha (anexo 6a) e, durante essa leitura, pediu para que os alunos grifassem as palavras que não conheciam os significados.

Ao iniciar sua explicação a respeito dos textos, a docente disse aos alunos: “*Um OGM é um organismo qualquer que tem seu material genético modificado, ele pode, por exemplo, receber genes de uma outra espécie*”. Então ela perguntou quais palavras do texto os alunos não conheciam e eles perguntaram o que seria “*inserção*” e “*toxinas*”, a professora respondeu que inserção significa colocar, que neste contexto queria dizer que “*retiram um gene de uma espécie e colocam em outra*”, e “*toxinas são substâncias produzidas por um ser vivo qualquer e que pode ser nociva a outro ser vivo, causar algum mal.*” Percebeu-se que alguns alunos anotavam as explicações da professora e alguns até questionaram se tais procedimentos de inserção de genes poderiam ser feitos em seres humanos. A professora respondeu que “*sim, com os avanços dessas técnicas poderemos no futuro ter seres humanos geneticamente modificados*”, então os alunos se espantaram:



**MAG:** “Nossa, o que vai acontecer com a gente?”

**DAN:** “Ai meu Deus, seremos todos monstros”.

Então, finalizando a aula, a professora questionou a importância dos alunos conhecerem como as pesquisas estão sendo feitas para que possam decidir que atitudes poderão tomar frente a essas questões: *“vocês precisam ler as notícias da mídia com atenção para formularem suas próprias opiniões”*.

Observou-se que a professora não questionou o espanto dos alunos com relação aos temas, e não forneceu demais informações para que eles pudessem confrontar com suas opiniões. Também não realizou qualquer anotação sobre esses relatos (na lousa ou em um caderno) para utilizá-los para discussões mais aprofundadas sobre esses assuntos, tão necessárias neste contexto pois observou-se que os alunos estavam dispostos a participar desses tipos de discussões e também estavam muito interessados nos assuntos pois o comentário entre eles era geral:

**MAG:** “Imagine se começam a modificar todas as pessoas pelo mundo afora”

**MAR:** “Eu não gostaria que modificassem meu DNA”.

A professora também não informou os alunos quanto a importância de se questionar a veracidade das reportagens divulgadas pela mídia. Ela apenas recomendou que lessem as notícias com atenção.

Em nenhum momento realizou-se referências a algum conceito explicitado em aulas anteriores, o que caracterizou uma descontextualização do texto em relação aos conteúdos anteriormente abordados. Além disso, a professora forneceu

apenas os conceitos mínimos sobre transgênicos, apresentando apenas uma definição do que seria um OGM, sem ilustrar com exemplos de organismos e as modificações feitas no DNA. Não explicou, também, nenhuma técnica ou procedimentos utilizados para obtenção dos OGMs.

Na aula posterior, 29<sup>a</sup> observação (dia 16/09/2004), a professora retomou a leitura do material xerocado sobre os transgênicos e também sobre o P.G.H. (anexo 6a e 6b). Realizou uma leitura do material em conjunto com os alunos e em seguida pediu para que eles, a partir dessas leituras, relatassem, em uma folha a ser entregue para ela, (anexo 2) suas opiniões (favoráveis ou contrárias) a respeito dessas pesquisas. Enquanto os alunos elaboravam seus relatos, a professora comentou que existiam alguns produtos comercializados que eram provenientes de OGM e exemplificou citando:

**P.:**“O chocolate bis, a batata importada Pringles, algumas marcas de sopa pronta, a batatinha do McDonald’s são todos feitos a partir de OGMs”.

Comentou também que durante a semana assistiu reportagens em programas de televisão sobre a aprovação, pelo Congresso Nacional, do cultivo da soja transgênica:

**P.:**“A Ciência tem que evoluir, mas é preciso ter suporte para se trabalhar com isso, pois pode-se criar monstros, é o homem que cria seus próprios monstros.”

Ao término da aula, a professora pediu para que trouxessem na próxima aula o trabalho de pesquisa que realizaram sobre os transgênicos (anexo 2) e a folha

com os relatos que estavam elaborando, pois ela pretendia promover um debate sobre os OGMs. Alguns alunos procuraram a professora e a pesquisadora para relatar sobre as pesquisas que realizaram sobre os transgênicos e comentaram sobre algumas leituras que realizaram:

**MAR:**“Professora, eu li sobre um peixe que é transgênico e brilha no escuro, e achei super legal”

**MAG:**“Eu li sobre a vaca transgênica”

**MAR:**“Eu não vou mais comer a batata Pringles. Nossa, eu não sabia que era transgênica”.

A professora ouviu os relatos dos alunos e disse que eles deveriam ler atentamente os rótulos dos alimentos, e informou-lhes:

**P.:** “Não se sabe se alimentos modificados geneticamente podem causar prejuízos ou não para o homem”.

Apesar de informar aos alunos sobre a incerteza quanto aos prejuízos ou benefícios advindos dos OGMs, não foi discutido mais profundamente as questões éticas envolvidas nesses assuntos ou sequer fornecer informações a esses alunos sobre fontes de pesquisas confiáveis que divulguem informações corretas, ou, ainda, enfatizar a importância do conhecimento em genética para elaborar argumentos que comprovem a posição favorável ou contrária à comercialização de produtos a base de OGMs; apenas solicitou que esses alunos trouxessem essas reportagens na próxima aula.

Ao iniciar a aula seguinte, 30<sup>a</sup> observação (dia 20/09/2004), a professora pediu para que os alunos se sentassem em grupos (grupos de trabalhos, que realizaram a pesquisa). Depois solicitou a exposição para a classe do conteúdo da pesquisa que realizaram, a fonte dessa pesquisa, o que encontraram de mais interessante entre as informações e se o grupo era favorável ou contrário aos OGMs. Observou-se que os alunos ficaram um pouco intimidados com a situação, porém, a professora foi auxiliando através de perguntas dirigidas a alguns alunos que costumeiramente expunham suas opiniões durante as aulas e os demais alunos começaram a participar também. Ficou evidente que a professora teve habilidade para estimular a participação dos alunos.

O primeiro grupo relatou que havia pesquisado em jornais:

**MIR:** “Encontramos uma reportagem num jornal que tem informações sobre algumas plantas geneticamente modificadas, e sobre o rótulo de alimentos transgênicos, e nós discordamos dos transgênicos porque podem interferir na vida de vários animais e isso vai desencadear e desequilibrar o meio ambiente”.

**P.:** “Porque vocês pensaram que os transgênicos podem desequilibrar o ambiente?”

**MIR:** “Talvez no ambiente essas plantas podem provocar prejuízos ambientais”.

**P.:** “Os desequilíbrios podem ocorrer se um estudo detalhado desses organismos não for realizado antes de se plantarem em ambiente aberto”.

Apesar de realizar esse comentário, a educadora não explicou que tipos de prejuízos poderão ocorrer ao ambiente e quais mecanismos podem originar esses prejuízos ou desequilíbrios ambientais. Não citou, por exemplo, a interação entre

plantas e polinizadores. Em seguida pediu para que o segundo grupo realizasse as colocações a respeito do trabalho que realizaram.

O segundo grupo iniciou seu relato:

**KAR:** “Encontramos uma reportagem da revista Veja que tem informações sobre algumas plantas geneticamente modificadas. Algumas plantas recebem genes e começam a produzir remédios, são mais saborosas e duram mais tempo demoram para apodrecer, mas apesar disso parecer bom essa característica pode ser ruim também”.

A professora interrompeu dizendo:

**P.:** “Parece que o material de vocês complementa o que o primeiro grupo falou e novamente temos que discutir a importância das pesquisas que calculem os riscos para o ambiente, mas qual a opinião de vocês?”

**MAC:** “Nosso grupo está dividido, eu sou favorável à produção de transgênicos pois pode-se produzir frutas mais bonitas, que duram mais e ainda que contenham medicamentos e vacinas”.

**LEO:** “Eu sou contra, professora, pois acho que a produção de transgênicos só vai trazer benefícios para o agricultor, pois ele vai gastar menos para produzir e nós pagaremos mais caro por esses alimentos”.

**P.:** “É muito importante vocês encontrarem argumentos para justificar as posições que estão tomando ...”

Em seguida referiu-se aos demais alunos da classe:

**P.:** “Prestem atenção em tudo o que estão ouvindo e pensem se concordam ou não”.

Então uma aluna do terceiro grupo disse:

**MAG:** “Pelo que eu li os alimentos poderiam ser mais bem aproveitados e poderá diminuir o uso de venenos, mas por outro lado poderá trazer insetos modificados. Eu também li que o Projeto Genoma Humano poderá trazer discriminações para os deficientes ou para pessoas que tenham alguma doença.”

**P.:** “Onde você encontrou essas informações?”

**MAG:** “Eu li no material que a senhora passou e também nós pesquisamos na Internet e em revistas e livros, mas não encontramos nada nos livros da biblioteca.”

**P.:** “E qual a conclusão do grupo?”

**MAG:** “A gente não sabe dizer se essas pesquisas podem trazer coisas boas ou ruins para nós, eu tenho medo do desastre que elas podem causar...”

**CINT:** “Eu acho professora que os transgênicos é bom apenas para o produtor rural, mas não para o resto da população, porque a gente ainda não sabe se eles podem fazer algum mal pra gente.”

**P:** “Até o momento os três grupos que falaram só trouxeram posições contrárias aos transgênicos, algum grupo é favorável?”

Um integrante do grupo 4 comentou:

**MAR:** “Não que eu seja favorável porque depois que eu fiquei sabendo sobre a batata Pringles que é transgênica não vou comer mais, mas eu encontrei na Internet um texto que falava de um peixe transgênico que é ornamental e brilha no escuro, ele recebeu um gene de uma água-viva, eu compraria um peixe desse para colocar na minha casa, pois a reportagem diz que ele foi testado em laboratório e é seguro, pena que é um peixe caro pois custa 17 dólares ou então 51 reais.”

Neste momento a professora poderia ter aproveitado a fala do aluno para explicar como um transgênico é produzido e para suscitar outras questões como a confiabilidade das informações, uma vez que pode ser um texto publicitário que tem o intuito de vender o produto e apresenta apenas os benefícios do mesmo, ou ainda, suscitar questões econômicas envolvidas, porém ela apenas comentou:

**P:** “Nós temos que pensar que quando alguma coisa é testada em laboratório todas as condições estão controladas, mas será que na natureza isso pode fugir do controle e desencadear muitas várias modificações?”

Diante dessas colocações os alunos mostraram-se apreensivos e um aluno comentou:

**RIC:** “Eu acho que isso pode acontecer no caso do Projeto Genoma, ao mesmo tempo que se descobre como ocorre certas doenças, pode-se modificar o DNA das pessoas e trazer outras doenças que nunca vimos antes”.

**P:** “Então vocês estão preocupados com a saúde de vocês? O que vocês estão sentindo com esses relatos? Qual é o obstáculo maior para a produção de OGMs? Vou ler algumas vantagens e desvantagens dos transgênicos”.

Ela retomou o material que os alunos haviam xerocado e leu a 4ª e 5ª folhas (anexo 6a) e voltou a questionar os alunos:

**P.:** “Imaginem vocês comerem um alimento com todas as vitaminas que necessitam?”

**MAG:** Isso é bonito na Teoria, mas e na prática?

**P.:** No Sul do país já estão plantando soja transgênica.

**MAG:** Ai, meu Deus, e agora?

**P.:** O certo seria que cada produto especificasse em seu rótulo os componentes que os constitui, vocês já devem ter lido isso no jornal pois todo dia sai alguma reportagem disso.

**NAT:** “É professora, meu trabalho fala da questão da rotulagem dos alimentos no Brasil, que todo produto que tiver mais de 1% de transgênicos na sua composição deve trazer essa informação no rótulo”.

**ANG:** “Só que isso não acontece, eu encontrei na Internet uma lista de produtos que consumimos e que não apresentam na embalagem que são transgênicos pois lá diz que no Brasil não é exigido que essas informações apareçam nas embalagens”.

A professora limitou-se a ouvir os alunos, não fez confronto de pesquisas e não soube informar se existe ou não uma lei que obrigue a rotulagem de alimentos geneticamente modificados, inclusive perguntou à pesquisadora se conhecia esta lei. Este fato demonstra carência de conhecimentos sobre o assunto, o que prejudica o desenvolvimento de discussões e compromete a abordagem dos conteúdos relacionados. Segundo Rios (2001), o professor precisa conhecer o que ensina, para promover uma aprendizagem efetiva e contribuir para a formação da cidadania. Cunha (1989), complementa afirmando que para se trabalhar bem a matéria de ensino, o professor tem que ter profundo conhecimento do que se propõe a ensinar.

A professora continuou a ler as folhas xerocadas:

**P.:** “Vou ler algumas desvantagens: “Será que este processo é seguro? E se ocorrer algo fora de controle? Um erro pode desencadear muitas transformações...A engenharia



genética está misturando várias espécies, a Ciência tem que evoluir mais saber o que faz, tem que dar passos firmes, imagine se formar uma plantação com todas as plantas iguais, uma praga pode acabar com tudo, desse modo o homem pode se autodestruir. Alguns alimentos podem desencadear alergias”.

Alguns alunos comentavam entre si o que a professora havia dito:

**MAG:**“É o homem vai se autodestruir”,

**MAR:**“Esses alimentos prejudicará nossa saúde”

**MIR:** “O meio ambiente será destruído”

Finalizando as discussões a professora fez a seguinte colocação:

**P.:** “Se eu perguntasse hoje se vocês são contra ou a favor, vocês diriam que são contra? Antes de opinar, temos que pensar que existem muitos cientistas sérios, que realizam pesquisa com seriedade. Hoje estamos sendo cobaias, mas daqui alguns anos esses procedimentos serão normais, muita coisa se fez na ciência que melhorou nossa vida. Temos que acompanhar a evolução da ciência e nos informar, para não comer certas coisas sem saber, temos que nos informar mais e exigir que as autoridades fiscalizem as pesquisas”.

Durante essa aula, observou-se que no início das discussões os alunos estavam inibidos, porém, à medida que a professora realizava colocações e questionamentos, os alunos mostravam-se mais dispostos a opinar e, a maioria participou ativamente das discussões demonstrando muito interesse. Muitas vezes a professora conduziu a discussão colocando seu ponto de vista, mas também

perguntando a opinião dos alunos. Ao sair da sala de aula, comentou com a pesquisadora que:

**P:** “Os alunos não estão preparados para essas discussões, é difícil ficar toda hora solicitando que eles participem e expliquem suas opiniões, mas deu para perceber que eles ficaram pensando sobre esses assuntos de transgênicos”.

Percebe-se neste relato que a professora identificou que seus alunos interessaram-se pelo assunto que havia sido abordado, e que sente dificuldade para utilizar metodologias que envolvam a participação mais efetiva dos alunos. Além disso, não forneceu informações precisas a respeito dos OGMs, pois os alunos continuaram com suas dúvidas, em aulas posteriores, inclusive, alguns alunos questionavam a pesquisadora constantemente a respeito de entrevistas que liam ou viam na televisão.

No início da 31ª Observação, (dia 23/09/2004), uma aluna procurou a pesquisadora:

**MAG:** “Li na Bíblia que no final dos tempos os gafanhotos irão devorar os homens, isso pode acontecer devido os OGMs”?

Outro aluno relatou que havia pesquisado sobre os alimentos geneticamente modificados e apresentou à pesquisadora uma lista de produtos.

Isso demonstra que o tema abordado na aula anterior despertou o interesse dos alunos que, inclusive buscaram outras informações e apresentaram outros questionamentos.

A professora comentou que as aulas anteriores foram “*suficientes para saciar a curiosidade sobre o assunto OGMs*”. Pediu para que, junto com o material que pesquisaram, os alunos entregassem também a síntese sobre o ponto de vista referente aos avanços da genética molecular para que pudesse aferir uma nota para esse trabalho que realizaram. E continuou:

P: “Agora vamos dar seqüência ao nosso conteúdo”.

Começou, então, a copiar de um livro na lousa o conteúdo: Polialelia.

Ao final da aula, a pesquisadora relatou à professora os questionamentos dos dois alunos e a professora:

P: “É, são assuntos polêmicos que despertam a atenção dos alunos”.

Apesar de reconhecer que os alunos se interessaram pelo assunto abordado, a professora não promoveu outras discussões, ou realizou alguma finalização ou síntese sobre a aula em que os alunos haviam exposto suas opiniões a respeito dos transgênicos. Talvez isso tenha ocorrido devido a insegurança da professora, não apenas em relação aos conteúdos, mas também quanto à forma de conduzir uma discussão sobre assuntos que envolviam aspectos econômicos, políticos, éticos, entre outros; talvez ela mesma não tivesse um posicionamento claro sobre estas questões. Além

disso, não parecia que ela dominasse os conteúdos necessários. Outro fator a ser ressaltado seria a preocupação da professora em cumprir seu planejamento, pois em uma conversa com a pesquisadora relatou:

**P:** “No ano passado deu tempo para trabalhar até evolução, esse conteúdo é cobrado em vestibulares. É importante discutir temas atuais como clonagem que eu nem falei nada para a classe mas não dá tempo de fazer tudo”.

Nota-se a preocupação, portanto, em cumprir um planejamento tendo em vista um único objetivo: preparar o aluno para passar no vestibular, mas deixou-se de lado a discussão de temas polêmicos tão importantes para o exercício pleno da cidadania.

Vasconcelos (2002) relata que os professores se preocupam em “dar” certos conteúdos, em cumprir um programa, pois entendem o fato de abordar o conteúdo como um meio de propiciar a construção de conhecimentos, mas, segundo o autor, o que se observa na escola é que nem sempre a carga horária que o professor tem disponível é bem aproveitado, perde-se tempo com conteúdos pouco relevantes para a vida do aluno e não se promove a construção de conhecimentos significativos.

Arroyo (2000) recomenda que os professores deixem de lado o conteudismo e o tecnicismo e repensem a educação, escolhendo conteúdos de acordo com a necessidade de seus educandos.

Segundo Perrenoud (1999), o professor precisa realizar uma transposição didática adequada e transformar o currículo real modulando-o às necessidades dos

alunos, diminuindo a distância entre a escola e os educandos, promovendo saberes, valores e normas que sejam significativos para os alunos.

Nesta pesquisa observou-se que a professora não alcançou seu objetivo, ou seja, abordar todos os conteúdos a que se propôs no planejamento curricular, pois ao término do ano letivo, não chegou a estudar evolução e, em contrapartida, também não promoveu o estudo efetivo dos avanços científicos recentes já que deixou os alunos com muito mais perguntas do que respostas. Por várias aulas, alguns alunos procuravam a pesquisadora com várias questões:

**RIC:** “Eu assisti uma reportagem no Fantástico sobre as células tronco, o que são essas células e para que servem?”

**DAN:** “Você é a favor ou contra os transgênicos.”

**MAR:** “Eu vi que o congresso aprovou a lei para plantar sementes de soja transgênicas, agora no Brasil só terá soja transgênica?”

**MAC:** “Vi no Jornal Nacional ontem que o congresso liberou o plantio e a comercialização da soja transgênica.”

**ANG:** “Se eu comer um alimento transgênico pode me fazer mal?”

**MAR:** “Eu fui olhar o rótulo de alguns produtos e vi que na batata Pringles está escrito amido modificado, será que fará algum mal para mim, eu gostava tanto dessa batata”.

Pode-se notar que os alunos trouxeram informações abordadas pela mídia em geral, talvez devido ao alerta realizado pela professora para que eles prestassem mais atenção às informações veiculadas pela mídia, isto é, pode ser que a fala da professora tenha feito alguns alunos perceberem que a mídia é uma possível fonte de informação para eles se interessarem a respeito da ciência e tecnologia.

Todos os questionamentos dos alunos foram transmitidos para a professora, porém, apesar disso, esse assunto não foi mais retomado pela educadora em suas aulas. Cabe destacar que não foi oferecida para esta professora uma formação inicial e continuada que fossem satisfatórias para sustentar o trabalho com o tema escolhido. Sendo assim, deixou-se de valorizar momentos significativos de aprendizagem pois os interesses dos alunos não foram efetivamente aproveitados. Ao se retomar essa discussão, poderia se abrir espaços para que todos os alunos colocassem suas possíveis dúvidas, já que somente alguns alunos procuravam a pesquisadora, e até mesmo a partir dessas discussões a professora poderia introduzir questões relacionadas à evolução, por exemplo.

Deste modo, limitou-se a focar, nas aulas de biologia, os produtos finais da atividade científica. O posicionamento de diferentes setores da sociedade (igreja, partidos políticos, cientistas, iniciativa privada, etc.) não foram trazidos e debatidos. A professora também não se posicionou, deixando os alunos à mercê de suas próprias opiniões, às vezes ingênuas. Se não tiverem acesso a novas visões e puderem confrontá-las, os alunos não poderão avançar. Deste modo, o fazer científico, os métodos de pesquisa, os interesses econômicos e políticos subjacentes, as questões éticas suscitadas não foram suficientemente abordados.

Certas observações realizadas como, por exemplo, o fato da professora não avançar nas discussões com os alunos, e também não se manifestar na correção dos trabalhos realizados pelos alunos, ou até mesmo diante das falas dos alunos nos

indica que, talvez a professora não dominava conhecimentos suficientes sobre os assuntos abordados.

Devemos ressaltar que realizar o trabalho de uma forma alternativa demandaria tempo disponível para a professora pesquisar sobre o assunto, ou então a condição de a professora já ter abordado o tema em vários anos sucessivos, constituindo um acervo de material e experiência anterior. A ação da professora está, pois, limitada por condições que são próprias dos contextos em que desenvolve seu trabalho.

Cabe relatar ainda que, ao final das observações, percebeu-se que com o passar das aulas os alunos mostraram-se mais dispostos a participar. Ao iniciar a abordagem do conteúdo de genética, a professora constantemente chamava a atenção dos alunos e perdia alguns momentos tentando manter a disciplina da classe para que os alunos pudessem ouvi-la, fato esse que deixou de ocorrer. Além disso, apesar da professora abrir espaço para que os alunos questionassem e colocassem suas dúvidas, poucos alunos o fizeram durante as primeiras aulas, porém, principalmente após a discussão promovida a respeito dos transgênicos, os alunos começaram a expor suas dúvidas e participar efetivamente das aulas, pois sempre que a professora levantava algum questionamento ou resolvia algum problema, a maioria dos alunos mostravam-se atentos e respondiam às perguntas elaboradas pela professora, inclusive ela fez um comentário com a pesquisadora: “*os alunos estão amadurecendo*”.

Dado o interesse demonstrado por esses alunos sobre temas como organismos geneticamente modificados (OGMs) e as questões ambientais e éticas

relacionadas a esses assuntos, evidencia-se a necessidade de se promover o estudo efetivo de temáticas referentes aos avanços da Genética Molecular. Os alunos poderão obter informações diversas a respeito desses assuntos, e apesar da grande divulgação desses temas pelos meios de comunicação, por exemplo, são necessárias maiores esclarecimentos e informações, já que estas reportagens não ultrapassam a superficialidade e o sensacionalismo, provocando polêmica e dúvidas em torno desses assuntos. Neste sentido, a escola desempenha o papel de promover a aprendizagem de conceitos básicos, úteis para o efetivo entendimento desses questionamentos.

#### **6.4 Análise de documentos**

Pretende-se apresentar neste item uma análise sistemática de documentos considerados relevantes para atingir os objetivos propostos pela presente pesquisa.

##### **6.4.1 Trabalhos elaborados pelos alunos**

Como mencionado anteriormente, após solicitação da professora, os alunos elaboraram um trabalho de pesquisa (anexo 2) a partir do tema proposto: Transgênicos.

Pode-se observar que durante a proposição deste trabalho, a professora não deixou claro seus objetivos para a elaboração do mesmo. Foram elaborados oito trabalhos e a professora aferiu notas de 0 (zero) a 10 (dez). Segundo ela, o critério de



notas obedeceu algumas características como: apresentação do trabalho, coerência com o tema proposto, tipo de informação relatada e considerações dos alunos. Essas características não foram apresentadas aos alunos pela professora quando o trabalho foi solicitado, o item considerações dos alunos, por exemplo, apareceu em apenas três trabalhos.

Ao propor o trabalho a professora declarou apenas:

**P.:** “Quero que vocês procurem alguma coisa sobre os Transgênicos, pode ser uma notícia de jornal, de revista ou na Internet, quero que vocês façam uma pesquisa sobre isso”.

**MAG.:** “Professora, eu não entendi, é para fazer uma pesquisa sobre transgênicos?”

**P.:** “Isso, vocês deverão realizar uma pesquisa sobre os transgênicos”.

**MAR.:** “E onde a gente encontra essas reportagens? Será que na Revista Super Interessante tem?”

**P.:** “Hoje esse assunto está muito divulgado na mídia, em qualquer revista vocês encontrarão alguma reportagem, façam suas pesquisas e me entreguem”.

Para Menezes (1996), é preciso que o professor apresente adequadamente a atividade a ser desenvolvida, fazendo o possível para que os alunos adquiram uma concepção global da tarefa e se interessem pela mesma, e também oriente os trabalhos dos estudantes, proporcionando os recursos e ajuda necessários.

Os alunos formaram grupos e realizaram a atividade proposta cada um da sua maneira. Alguns coletaram reportagens, outros realizaram pesquisas na Internet, outros realizaram sínteses a partir das reportagens que leram, etc.

Analisando mais detalhadamente cada trabalho, pode-se perceber que alguns deles traziam cópias de textos e reportagens, fato que fora também evidenciado pela professora, pois ao entregar os trabalhos para a pesquisadora relatou:

**P.:** “Você vai perceber que alguns trabalhos foram copiados de algum lugar”.

Os quatro trabalhos que traziam apenas cópia de reportagens de jornais e revistas de divulgação nacional ou de *sites* da Internet receberam nota 7 (sete). Outros três trabalhos trouxeram um resumo do material pesquisado pelos alunos e também suas conclusões a respeito desse material, e apenas um trabalho foi completamente escrito pelo grupo, cujos componentes descreveram que estariam realizando uma síntese a partir da pesquisa que haviam feito, estes trabalhos receberam nota 9(nove). Nenhum dos trabalhos trazia bibliografia.

A professora não apresentou a correção dos trabalhos para os alunos, e também não aproveitou as informações contidas neles para esclarecer as dúvidas dos estudantes, ou promover discussões mais aprofundadas sobre o tema em questão. Ao apresentar a correção realizada, pode-se promover momentos de aprendizagem, pois ao se detectar e demonstrar uma falha ao aluno, este tenta aperfeiçoar-se, geralmente não incorrendo na mesma falha.

Deixou-se também de aproveitar muitas informações contidas nos trabalhos como: vantagens e desvantagens dos transgênicos, campanhas contra o consumo e comercialização desses produtos, os produtos comercializados hoje no

Brasil, a questão das leis brasileiras, quais são os interesses envolvidos, a posição do *Greenpeace*, entre outras. Inclusive não houve discussões e estudo de termos como “vetores de transformação”, “parasitas genéticos” que, possivelmente, foram copiados pelos alunos e que merecem maiores esclarecimentos para uma compreensão adequada sobre o tema. Esses dados evidenciam, entre outras, duas dificuldades encontradas pelos professores: (a) dificuldades que um trabalho de pesquisa pode suscitar; (b) dificuldades para relacionar o trabalho de pesquisa com demais atividades.

Apurou-se durante a análise dos trabalhos algumas opiniões formuladas pelos alunos que revelam suas preocupações quanto aos danos que os organismos geneticamente modificados podem causar à saúde do ser humano e ao meio ambiente:

**Grupo 3:** “Queremos que antes que se tome decisão sobre o cultivo, a comercialização e o consumo de transgênicos no Brasil, sejam feitas pesquisas por instituições de comprovada competência e independência, que assegurem que os transgênicos não são prejudiciais à saúde e aos meio ambiente”.

**Grupo 4:** “Não gostei de saber que alguns produtos que comemos são transgênicos e nem sabemos porque a sua embalagem não traz essa informação”.

**Grupo 6:** “Concluindo, é claro que o homem não se deve limitar nas descobertas em prol da humanidade, desde que seja com cautela e responsabilidade, para que futuramente não prejudique a vida da nação...”.

Notou-se que os alunos perceberam a necessidade de serem críticos em relação às informações que recebem, porém, isso ocorreu espontaneamente, ou seja, não foi uma ação intencional da professora.

Esses relatos poderiam ser utilizados para discussões a respeito de aspectos econômicos e éticos relacionados à produção, consumo e comercialização dos OGMs, e até mesmo para esclarecer e desmistificar idéias sobre esse assunto.

A professora não se manifestou diante de trechos equivocados ou confusos trazidos nos trabalhos como:

*“Alimentos transgênicos são aqueles que foram modificados geneticamente, ou seja, no núcleo de suas células foi inserido genes de vírus ou bactérias, que se tornam seres diferentes para o seu corpo, por isso a modificação”.*

*“Não só nos alimentos, mas também em seres humanos estão sendo testado as modificações geneticamente como ‘cobaias’ – o Projeto Genoma Humano – que mostra seres humanos e cada uma das informações de cada indivíduo que se houver algum problema, poderá ser criado ainda uma solução na barriga da mãe onde foi reconhecido o problema, daí o surgimento do problema: os seres humanos perfeitos”.*

A última colocação apresenta preocupações legítimas, mas incorporam acriticamente o sensacionalismo propagado pela mídia.

Quando o professor não esclarece informações equivocadas, permite que os alunos reproduzam esses conceitos e não contribui para o desenvolvimento cognitivo dos educandos.

Após analisar todos os trabalhos, as correções realizadas pela professora e o contexto no qual foram elaborados, conclui-se que maiores discussões sobre as informações contidas nestes trabalhos poderiam constituir mecanismos de promoção de efetivas aprendizagens.

Cabe relatar que algumas sínteses (anexo 2) realizadas pelos alunos também foram analisadas. Estas revelaram a preocupação, novamente, dos estudantes a respeito dos prejuízos e benefícios dos OGMs e não trouxeram um posicionamento enfático, ou seja, não declararam se são contra ou a favor da produção de transgênicos; apenas um grupo declarou:

*“Somos contra aos seres transgênicos, pois eles podem trazer riscos a saúde humana, e se uma planta é geneticamente modificada para evitar algum tipo de praga ela pode mexer com o equilíbrio natural dos predadores”.*

Para opinar conscientemente a respeito de assuntos polêmicos como os organismos transgênicos, os indivíduos necessitam de um conjunto de conhecimentos sólidos, estudados e construídos na escola, que justifiquem suas posições e os auxiliem em processos de tomadas de decisão.

#### **6.4.2 Planejamento curricular**

O planejamento curricular (anexo 7), como mencionado anteriormente, foi elaborado pela professora participante da pesquisa em conjunto com demais professores de ciências e biologia da Unidade Escolar. Os avanços científicos recentes como clonagem, organismos transgênicos ou projeto genoma não são parte integrante desse plano de ensino, o que comprova que tais temas são tratados como uma leitura complementar, descontextualizada e fragmentada como já observado durante as aulas.

Cabe destacar também que a professora não realiza nenhum questionamento a respeito desses assuntos nas avaliações bimestrais propostas.

#### **6.4.3 Livros didáticos utilizados**

No intuito de verificar de que forma temas de genética contemporânea apareciam e eram trabalhados nos livros didáticos utilizados pela professora nas aulas de Biologia, realizou-se uma análise desse material:

PAULINO, W. R., *Biologia – série novo Ensino Médio* (Edição Compacta). Ática: 2003. 320 p.

LOPES, S. Bio - Volume Único. São Paulo: Saraiva, 1<sup>a</sup> ed., 1999, 607p.

MACHADO, S. *Biologia para o ensino médio: volume único*. São Paulo: Scipione, 2003 (COLEÇÃO DE OLHO NO MUNDO DO TRABALHO), 253p.

Pode-se verificar que as publicações mais recentes apresentam leituras complementares sobre organismos transgênicos, clonagem, projeto genoma e técnicas de engenharia genética, mas não trazem exercícios referentes a esses assuntos; o que indica que esses assuntos não são valorizados.

Além disso, a relação entre os conceitos estudados e as leituras apresentadas não é demonstrada, caracterizando uma fragmentação dos conteúdos, no livro *Biologia – série novo Ensino Médio* (Edição Compacta) elaborado por Paulino, W. R., Ática: 2003. 320 p., por exemplo, uma leitura sobre clonagem de embriões e células-tronco é apresentada no capítulo sobre reprodução humana, a leitura sobre o Projeto Genoma Humano é apresentada no capítulo sobre citologia e histologia, outra

leitura sobre os testes de DNA é apresentada no capítulo sobre bioquímica celular e leituras sobre as técnicas da engenharia genética e organismos transgênicos são apresentadas no capítulo referente à genética e as Leis de Mendel.

### **6.5 Entrevista realizada com a professora**

Ao final das observações, realizou-se uma entrevista com a professora participante da pesquisa.

Para esta entrevista, foi elaborado um roteiro (anexo 3) a partir das observações realizadas, contendo alguns aspectos relevantes para a pesquisa, procurando investigar e compreender, com bastante detalhe, as concepções da professora sobre os avanços científicos recentes e como desenvolve seus quadros de referência. Aproveitando a flexibilidade que este instrumento proporcionou, no decorrer das entrevistas, as questões puderam ser reformuladas. Houve esclarecimento de dúvidas e interpretações e, quando necessárias, algumas informações que pudessem contribuir para o objetivo da entrevista eram fornecidas.

Procurou-se formular questões abertas e, deste modo, iniciou-se a entrevista a partir de uma recordação das aulas 28, 29 e 30 (descritas anteriormente) nas quais foram discutidos aspectos relacionados à produção e comercialização de organismos geneticamente modificados.

Alguns trechos dessa entrevista estão descritos a seguir:

**Pesquisadora:** Durante o bimestre anterior a senhora solicitou que os alunos realizassem uma pesquisa sobre os transgênicos, inclusive trouxe um material e promoveu uma discussão com os alunos referente a esse tema, lembra-se? Como a senhora avalia esta aula?

**P.:** *“Eu acho que esta aula foi muito positiva, mas poderia ter sido melhor se os alunos não ficassem tão envergonhados. Nós professores precisamos criar um clima favorável para os alunos, porque um tem vergonha do outro e daí acaba não participando da aula. Eu não estou preparada para trabalhar dessa forma, ouço alguns professores contando que realizam seminários durante as aulas mas eu não consigo entender como fazem isso, aquele bando de alunos lá na frente, pra gente organizar dois grupos já dá trabalho, gasta muito tempo e só com duas aulas na semana não dá para fazer nada. Este ano tivemos muitos feriados e isso atrapalha, a gente perde o interesse do aluno, eles acabam esquecendo tudo, aí tem voltar todo o conteúdo; e também hoje a sala é muito heterogênea, acabou aquele aluno que a gente tinha antes que a sala de aula era um silêncio, hoje não conseguimos trabalhar direito, os alunos não ligam pra nada.”*

Notou-se que a professora considerou as referidas aulas como uma experiência gratificante, que mereça ser incorporada ao curso.

**Pesquisadora:** A senhora quis dizer que não se sente preparada para criar um clima favorável à participação dos alunos? Acredita que poderia se preparar de alguma forma?

**P.:** *“É, eu acho que falta pra gente apoio pedagógico, cursos que tragam novos materiais, às vezes me sinto perdida, não sei o que ensinar, os livros mais recentes*



*de Biologia tratam apenas a 1ª e a 2ª Lei de Mendel e só, não traz epistasia, por exemplo, não sei se deveríamos tirar do planejamento conteúdos como epistasia e linkage e incluir assuntos como clonagem, transgênicos, Projeto Genoma Humano...”*

Ao responder a essa pergunta, a professora acabou insinuando que encontra dificuldades no que tange à metodologia de ensino.

**Pesquisadora:** Assuntos como clonagem, organismos transgênicos e Projeto Genoma Humano são muito recentes, eu, por exemplo, não estudei esses temas na Universidade, a senhora encontra dificuldades para abordar esses temas, que materiais costuma utilizar?

**P.:** *“Hoje sai muita reportagem na mídia, na Super Interessante sempre sai, mas falta um material especializado pra gente consultar, com uma linguagem clara, acessível, né. Esses temas aparecem nos livros mais recentes, são as leituras complementares, como a gente chama, e eu acho que todo livro deveria ter essas leituras. Eu costumo ler e guardar as reportagens que são publicadas na Veja, na Super Interessante, nos jornais, mas é difícil trabalhar com esse material diversificado, você pede o aluno não traz, aí a gente tem que trazer tudo pronto, tem que xerocar e trazer um para cada um, aí fica difícil. Em anos anteriores eu trazia alguma dessas leituras complementares para os alunos. No começo desse ano participamos de um curso de capacitação oferecido pela Delegacia de Ensino e lá recebemos aquele material que eu passei para os alunos, aquele que você viu, esses cursos são muito importantes pra gente e apesar desse curso não ter trazido nenhuma aula prática a teoria apresentada foi muito boa, mas são oferecidos muito pouco, acho válido a gente participar desses cursos, eu adoraria participar de um*

*curso que falasse sobre o RNA porque acho muito interessante. Esses cursos são bons porque vem uma pessoa que estudou determinado assunto e traz várias informações, a gente precisa desse pessoal para nos assessorar, foi depois desse curso que decidi realizar uma aula de discussão com os alunos sobre os transgênicos.”*

**Pesquisadora:** A senhora encontrou alguma dificuldade para desenvolver esta aula?

**P.:** *“A gente percebe que os alunos não estão preparados para esse tipo de atividade, eles não tem vocabulário, e acho que nunca tinham participado de uma aula desse tipo. O ano passado trabalhei com um 3º colegial muito bom e deu para trabalhar tudo, sabe aqueles alunos que tudo o que você propõe eles fazem? A classe era uma maravilha. Mas este ano você viu como era o 2º colegial, eram alunos muito desinteressados, não estavam nem aí com nada, quem sabe um dia eles despertem para alguma coisa.”*

**Pesquisadora:** Os alunos me perguntaram vários aspectos relacionados aos organismos geneticamente modificados, a senhora considera que esses assuntos despertam o interesse dos alunos?

**P.:** *“É, eles se interessam pelo novo, pelo que é divulgado na mídia, eu poderia ter feito uma aula sobre clonagem, projeto genoma humano, mas não dá tempo pra gente fazer tudo, a gente tem consciência que deixou de falar coisas importantes, porém não temos tempo para fazer tudo, a gente tem que trabalhar um conteúdo muito extenso, não dá nem para fazer uma aula prática, sem contar a falta de equipamentos, não temos nem um microscópio. Então a gente acaba abordando o que cai no vestibular e fica no batidão, repete várias vezes os exercícios e eles aprendem. Olha, a gente tem vontade, eu procuro fazer o melhor, mas não é sempre que consigo, a gente precisa de pelo menos 3 aulas de biologia na semana.”*

Inicialmente a professora respondeu que os alunos “*se interessam pelo novo*”; de acordo com Vasconcellos (2002), os professores têm uma visão equivocada que a motivação do aluno vem da “novidade”. Em muitos questionamentos trazidos pelos alunos, pode-se perceber não apenas a curiosidade como também a preocupação quanto aos desequilíbrios ambientais, ou quanto aos possíveis riscos à saúde humana advindos do cultivo ou consumo de organismos transgênicos, por exemplo.

Nesta resposta, a docente também cita diversos fatores que restringem seu trabalho: a pouca carga horária destinada às aulas de Biologia, o extenso conteúdo que é proposto, as exigências dos vestibulares, a infra-estrutura precária e a formação deficiente, dado este que aponta para a importância dos cursos oferecidos pela Secretaria de Educação do Estado, através das Delegacias de Ensino Regionais, e também para a importância de propostas que visam a atualização profissional ou capacitação em serviços, bem como propostas de formação continuada.

Durante a entrevista, pode-se verificar que os assuntos relacionados à engenharia genética não são considerados conteúdos a serem ensinados em Biologia, já que foram tratados pela professora como uma leitura complementar. Além disso, a professora revelou que recorre a reportagens divulgadas pela mídia para se informar a respeito dos avanços científicos recentes, e que cursos de aperfeiçoamento profissional são válidos e necessários, principalmente, frente às novas demandas do ensino médio que impõe aos professores constante atualização.

Uma vez que os conhecimentos não são verdades imutáveis, é preciso que o professor de biologia tenha a oportunidade de conhecer as pesquisas atuais e

seus produtos para que possa apresentar aos alunos uma ciência atual e dinâmica. Sendo assim, o professor não pode limitar-se ao que aprendeu na universidade, pois a aprendizagem é um processo que nunca está acabado.

De acordo com Menezes (1996), conhecer a matéria a ser ensinada é a primeira necessidade formativa dos professores e, mesmo nos casos em que houve formação inicial adequada, é necessário complementá-la, pois além dos conhecimentos fundamentais da Ciência, objeto de estudo, faz-se necessário, ainda que os professores conheçam a história da Ciência, as estratégias de trabalho científico, as interações entre Ciência/Tecnologia/Sociedade, as novas perspectivas científicas e tecnológicas entre outras.

Além disso, o autor aponta que é preciso romper concepções dos professores sobre o processo de ensino e aprendizagem. O fracasso de muitos estudantes, por exemplo, é atribuído a suas próprias deficiências, sejam elas intelectuais (são atrapalhados, desinteressados) ou sociais (alunos provenientes de meios culturalmente desfavorecidos, classe heterogênea).

Segundo Perrenoud (2000), o professor precisa saber administrar a heterogeneidade no âmbito de uma turma, pois a igualdade não existe e na diferença há muita riqueza e possibilidade de trocas.

## **CAPÍTULO VII**

### **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerando que este trabalho visa a melhoria do processo ensino-aprendizagem de genética no ensino, médo algumas reflexões preliminares parecem relevantes.

Quanto a abordagem dos avanços recentes em genética, pode-se verificar alguns obstáculos que dificultam o estudo desses temas na escola média como por exemplo: escassez de material didático, a formação deficiente dos professores e a crescente necessidade de cursos de aperfeiçoamento profissional.

A presente pesquisa aponta também que a formação continuada de professores é essencial, visto que a Ciência não é estática e sim dinâmica estando em constante mudança. Deste modo, não se pode conceber que os professores permaneçam estáticos diante dos avanços atuais da Ciência, é preciso colocar a autoformação contínua como requisito da profissão docente.

Segundo Libâneo (1999), as novas exigências educacionais pedem às universidades e cursos de formação para o magistério um professor capaz de ajustar sua didática às novas realidades da sociedade, do conhecimento, do aluno, dos diversos universos culturais, dos meios de comunicação. O novo professor precisa, no mínimo, de uma cultura geral mais ampliada, capacidade de aprender a aprender, competência para saber agir na sala de aula, habilidades comunicativas, domínio da linguagem informacional, saber usar meios de comunicação e articular as aulas com as mídias e multimídias.

Este autor relata ainda que os fatos contemporâneos ligados aos avanços científicos e tecnológicos, à globalização da sociedade, à mudança dos processos de produção e suas conseqüências na educação, trazem novas exigências à formação de professores. Com o advento de novas concepções de aprendizagem, surge a necessidade de contextualizar o conhecimento científico aos problemas da sociedade e do cotidiano, e devido ao desenvolvimento acelerado das novas tecnologias da comunicação e informação. O exercício do trabalho docente requer, além de uma sólida cultura geral, um esforço contínuo de atualização científica na sua disciplina e em campos de outras áreas relacionadas, bem como incorporação das inovações tecnológicas.

A presente pesquisa aponta a necessidade de investir na atualização científica, técnica e cultural, como ingredientes do processo de formação continuada de professores de Ciências. É preciso, também, promover espaços para que o professor possa refletir sobre sua ação num movimento de ação-reflexão-ação; como também promover uma maior interação entre a formação que se realiza na universidade, com a prática das escolas. Seria importante trazer os professores em exercício para a

universidade, para discussão de problemas comuns, para aprendizagem de novos conteúdos e para atualização permanente, já que se verificou que a deficiência de conhecimentos por parte do professor influi na abordagem do conteúdo, na metodologia que utiliza e no avanço cognitivo dos educandos. A habilidade para relacionar os conceitos básicos aos recentes avanços da ciência pode ser adquirido através dos cursos de formação continuada para docentes.

Não podemos deixar de considerar também a excessiva carga horária que os professores são condenados a trabalhar, a falta de recursos das escolas públicas, as classes superlotadas, os baixos salários, entre outros problemas que os professores têm que enfrentar.

Conforme Libâneo (1999), é difícil aos professores assumirem os requisitos profissionais e éticos da profissão com os baixos salários, com a preparação profissional deficiente, com a baixa auto-estima que vai tomando conta de sua personalidade. Além disso, estão ausentes programas de formação continuada em serviço e, quando existem, são inadequados, não motivam os professores e não se traduzem em mudança na sala de aula.

Além disso, ao se abordar os avanços científicos recentes, verificou-se que são apresentados apenas os produtos finais dessas pesquisas, deixando-se de focar o fazer científico, os métodos de pesquisa, os interesses econômicos e políticos subjacentes, as questões éticas suscitadas. Deste modo, os jovens estão passando pela escola sem ter a chance de discutir os avanços científicos recentes; não estão sendo preparados para opinar sobre tais questões como cidadãos de amanhã.

Segundo Vasconcellos (2002), pode-se constatar, hoje, que a escola não tem conseguido garantir a apropriação significativa, crítica e duradoura, aos educandos, do conhecimento fundamentalmente acumulado pela humanidade, de tal forma que este conhecimento possa servir como instrumento de construção da cidadania e de transformação e intervenção na realidade.

Pode-se verificar também que o professor desempenha importante papel na escolha de estratégias de ensino que valorizem a aprendizagem significativa dos seus alunos. Neste sentido, é de extrema relevância que o professor direcione essas estratégias de forma a promover a efetivação dos objetivos propostos. Embora pesquisas na área do ensino de genética apontem deficiências, a expectativa é a de que os conceitos necessários para a compreensão dos novos rumos da genética sejam adquiridos, na sala de aula, através de práticas que contemplem a investigação científica e o estudo dos problemas atuais, para discussão dos aspectos éticos relacionados.

Além disso, observou-se que, os temas relacionados aos avanços científicos recentes despertam a curiosidade dos alunos, porém, este fato não está, necessariamente, relacionado ao interesse pelos conceitos de genética básica. Muitas vezes esse interesse relaciona-se ao sensacionalismo com que tais temas são abordados pela mídia em geral, por exemplo. No entanto os conceitos são fundamentais para que possam ter um bom entendimento sobre determinado tema, e possam estabelecer relações de causa e efeito. Portanto, o aluno não precisa necessariamente saber genética para se interessar pelos assuntos recentes, contudo, é necessário que conheça os conceitos de genética básica para que compreenda esses assuntos, como são realizadas tais pesquisas e possam se posicionar diante delas.



**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALVES, N. F (org.) *Formação de professores: pensar e fazer*. 6ª Ed. São Paulo: Cortez, 2001, 103p. (Questões de nossa época; 1)

AMABIS, J. M. A revolução genética: um tema para a escola secundária? IN: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 3, São Paulo. Coletânea ... São Paulo: FEUSP, 1998. p. 19-24.

AMARAL, I. A. do. *Currículo de Ciências: Das Tendências aos Movimentos Atuais de Renovação*. Campinas: Autores Associados; São Paulo: Fundação Carlos Chagas, 1998, 259p. (Coleção Formação de Professores)

AMORIM, A. C. R. *O Ensino de Biologia e as relações entre ciência, tecnologia e sociedade*. Campinas, 1995. 145 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas.

ARROYO, M. G. *Ofício de mestre: imagens e auto-projetos*. Petrópolis: R.J.: Vozes, 2000, 251 p.

ASSMANN, H. *Metáforas Novas para Reencantar a Educação*. Piracicaba: Unimep, 1998.

AYUSO, E. & BANET, E. Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de la Ciencias*. 20(1):133-157, 2002.

BANET, E. & AYUSO, E. Introduccion a la genética en la enseñaza secundaria y bachirellato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias* 13(2):137-153, 1995.

BANET, E. & AYUSO, E. Teaching genetics at e secondary school: A estrategy for teaching about the location of inheritance information. *Science Education* 84(3):313-351, 2000.

BAPTISTA, B. M. *Gênese e Genes*. Rio de Janeiro: Gradiva, 1989. 106 p.

BASTOS, F. Construtivismo e ensino de ciências. In: NARDI, R. *Questões Atuais no Ensino de Ciências*. São Paulo: Escrituras, p. 9-25, 1996. (Série: Educação para a Ciência).

BASTOS F., NARDI, R., DINIZ, R.E.S. Objeções em relação a propostas construtivistas para a educação em Ciências: possíveis implicações para a constituição de referenciais teóricos norteadores da pesquisa e do ensino. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 3, 2001, ATIBAIA. *Atas...* Rio Grande do Sul: ABRAPEC, 2001. (Trabalho completo divulgado por meio de CD ROM).

BICUDO, M. A. V.; ESPÓSITO, V. H. C. *A pesquisa qualitativa em educação: um enfoque fenomenológico*. 2ª Ed. Piracicaba, SP: Editora Unimep, 1997, 231 p.

BIZZO, N. M. V. *Meninos do Brasil: idéias de reprodução, eugenia e cidadania na escola*. São Paulo, 1994, 171 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

BOGDAN, R., BIKLEN, S. *Investigação Qualitativa em Educação. Uma Introdução à Teoria e aos Métodos*. Coleção Ciências da Educação. Porto Editora. 1994, 335p.

BONZANINI, T. K. *Avanços científicos recentes como temas para o ensino de biologia na escola média: o exemplo do Projeto Genoma Humano*. Bauru, 2002. 180f. Monografia. Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista.

BRASIL (MEC) *PCN + Ensino Médio*. Brasília, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC/SEMTEC 2002, 144p.

BRASIL (MEC) *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília, Secretaria de Ensino Médio e Tecnológico, 1999.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais Ciências – 5ª à 8ª séries: Ensino Fundamental*. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BUGALLO RODRIGUÉZ. A. La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias* 13(3): 379-385, 1995.

BURNS, G. W.; BOTTINO, P. J. *Genética*. 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. 381 p.

CANAL, R. R. *Educação Científica, Genética e Ética: A abordagem de temas contemporâneos no Ensino de Biologia*. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2003.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de ciências: tendências e inovações*. 2ª Ed. (Coleção Questões de Nossa Época: v.26) São Paulo: Cortez, 1995.

CASTRO, A. D. CARVALHO, A. M. P. (Org.) *Ensinar a Ensinar: Didática para a Escola Fundamental e Média*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

CHAUI, M. *Convite à Filosofia*. 7ª Ed. São Paulo: Editora Ática, 1996, 440p.

CHIDS, B. Why study human genetics? *The American Biology Teacher*. 45 (1): 19-29, 1983.

CORREIA, J. A. *Inovação pedagógica e formação de professores*. 2ª ed. Coleção Biblioteca Básica de Educação e Ensino). Rio Tinto, Portugal: Edições ASA, 1991, 142 p.

CUNHA, M. I. *O bom professor e sua prática*. Campinas, São Paulo: Papyrus, 1989.

DAVIES, K. *Decifrando o Genoma: A corrida para desvendar o DNA Humano*. São Paulo: Companhia das Letras, 2001. 469 p.

DOLL, Jr., W. E. *Currículo: uma perspectiva pós moderna*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. 224 p.

DRIVER, R. Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, v. 11, n. 5, p. 481-490, 1989.

FARAH, S. B. *DNA Segredos & Mistérios*. São Paulo: Sarvier, 2000.

FÁVARO, R. D. et al. Engenharia genética e biologia molecular: possibilidades e limites do trabalho do professor de biologia no ensino médio. IN:: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. Bauru, São Paulo, 2003, CD.

FAZENDA. I. C. A. (org.) *A pesquisa em educação e as transformações do conhecimento*. 2ª Ed., Campinas, SP: Papyrus, 1997, 159p. (Coleção Práxis)

FOSNOT, C. T. *Construtivismo: teorias, perspectivas e práticas pedagógicas*. Porto Alegre: Artmed, 1998. 248 p.

GARDNER, E. J.; SNUSTAD, D.P. *Genética*. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987, 497 p.

GENOMA: em busca dos sonhos da ciência (vídeo). Direção e roteiro de Mônica Teixeira. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, [1999]. Parte 1. 115min, color., son., VHS.

GIMENO SACRISTÁN, J., PÉREZ GÓMEZ, A. *Compreender e transformar o ensino*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

GRIFFITHS, A. J. (Org.) *Genética moderna*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

GROS, F. *Os segredos do gene*. Lisboa: Parelelo Editora, 1991. 212 p.

GUÉRIN-MARCHAND, C. *Manipulações Genéticas*. São Paulo: EDUSC, 1999, 282 p  
HANNOUN, H. *Educação: certezas e apostas*. São Paulo: UNESP, 1998.

HILL, R.; STANISSTREET, M. e BOYES, E. What ideas do students associate with 'biotechnology' and 'genetic engineering'? *School Science Review*. 81 (297): 77-83, 2000.

JUSTINA, L. A. D.; BARRADAS, C. M. As opiniões sobre o ensino de genética numa amostra de professores de biologia no nível médio. IN: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. Bauru, São Paulo, 2003. CD.

JUSTINA, L. A. D. *Ensino de genética e história dos conceitos relativos à hereditariedade*. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 2001.

JUSTINA, L. A. D. E RIPEL, J. L. Ensino de Genética: representações da ciência da hereditariedade no ensino médio. IN: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS 2003, Bauru, São Paulo, 2003. CD.

JUSTINA, L. A. D. et al. Genética no ensino médio: Temáticas que apresentam maior grau de dificuldade na atividade pedagógica. In: ENCONTRO DE PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, Coletânea. IOSTE, 2000.

KRASILCHIK, M. *Ensino de Genética – passado, presente e futuro*. Anais do 18º Sobre Temas de Genética e Melhoramento - vol. 18, 2001, Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2001. p. 37-41.

KRASILCHIK, M. *O professor e o currículo das ciências*. São Paulo: EPU: Editora da Universidade de São Paulo, 1987, 80p.

Lei Federal 9394/96 – Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional.

LEWIN, B. *Genes VI*. New York: John Wiley, 1999.

LEWIS, J.; LEACH J. & WOOD-ROBINSON C. All in the genes? – young people’s understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education*. 34 (3): 74-79,2000a.

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*. 34 (3): 129-132,2000b.

LEWONTIN, R. *A Tripla Hélice. Gene organismo e ambiente*. São Paulo: Companhia das Letras, 2002. 138 p.

LIBÂNEO, J.C. *Didática*. São Paulo: Cortez, 1994. (Coleção Magistério 2º Grau. Série formação do professor).

LIBÂNEO, J. C. *Adeus professor, adeus professora?: novas exigências educacionais e a profissão docente*. 3ª ed. São Paulo: Cortez, 1999. (Coleção Questões da Nossa Época; v. 67).

LINHARES, C.; ALVES, N. (Orgs.) *Formação de professores: pensar e fazer*. 6ª ed. São Paulo: Cortez, 2001, 103 p. (Questões de nossa época; 1)

LINHARES, C.; LEAL, M.C. (Orgs.) *Formação de professores: uma crítica à razão e à política hegemônicas*. Rio de Janeiro: DP&A, 2002, 216 p.

LUCKESI, C. C. *Filosofia da Educação*. São Paulo: Cortez, 1994.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986, 99 p.

MASON, S. F. *História da Ciência: As principais correntes do pensamento científico*. Rio de Janeiro: Ed. Globo, 1964. 527 p.

MAYER, M., LEÃO, A.M.A.C., JÓFILI, Z.M.S. *Os descompassos entre os PCN’s e a formação de professores de Biologia*. In: ENCONTRO “PERSPECTIVAS DO

ENSINO DE BIOLOGIA” (EPEB), 7., 2000, São Paulo. *Coletânea do VII EPEB*, São Paulo: Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2000. p. 43-47.

MAWER, S. *Mendel's dwarf*. Londres: Doubleday, 1997. 197 p.

MENEZES, L. C. (Org.) *Formação continuada de professores de ciências no contexto ibero-americano*. Campinas, São Pulo: Autores Associados: NUPES, 1996 (Coleção formação de professores) 170 p.

MION, R. S.; SAITO, C. H. *Investigação-ação: mudando o trabalho de formar professores*. Ponta Grossa: gráfica Planeta, 2001. 148 p.

MOLINA, S.; FRANCISCO, A. Fromación de modelos mentales em la resolución de problemas de genética. *Enseñaza de las Ciências*. 18 (3): 439-450, 2000.

MORAES, R. (Org.) *Construtivismo e Ensino de Ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. 230 p.

MORTIMER, E. F. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: UFMG, 2000. 383 p.

NÓVOA, A. (Org.) *Os professores e a sua formação*. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

ORLANDI, E. P. *Análise De Discurso: Princípios e Procedimentos*. Campinas: Pontes Editores, 1999, 100p.

Parecer CNE/CEB nº 15/98 – Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio.

PAULINO, W. R., *Biologia – série novo Ensino Médio* (Edição Compacta). Ática: 2003, 320 p.

PERRENOUD, P. *10 novas competências para ensinar*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

PERRENOUD, P. et al. *Formando professores profissionais: quais estratégias? Quais competências?* 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2001. 232 p.

PERRENOUD, P. *Pedagogia diferenciada: das intenções à ação*. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000. 183 p.

PIAGET, J. *Fazer e compreender*. São Paulo: Biblioteca de Educação Melhoramentos – Ed. Da Universidade de São Paulo, 1978.

PIAGET, J. *Psicologia y pedagogia*. Barcelona: Ariel, 1969.

PIMENTA, S. G.; GONÇALVES G.L. *Reverendo o ensino do 2º grau propondo a formação de professores*. 2ª ed. São Paulo: Cortez, 1992.

POLACK, R. *Signos da vida: A linguagem e os significados do ADN*. Rio de Janeiro: Rocco, 1997. 190 p.

RIDLEY, M. *Genoma*. A autobiografia de uma equipe de 23 capítulos. Rio de Janeiro: Record, 2001. 398 p.

RIOS, T. A. *Compreender e ensinar: por uma docência de melhor qualidade*. São Paulo: Cortez, 2001.

RIVAL, M. *Os Grandes Experimentos Científicos*. Tradução Lucy Magalhães, Rio de Janeiro, Jorge Zahar Ed., 1997, 167 p.

RONAN, A. C. *História ilustrada da ciência da Universidade de Cambridge*, V.Y. As ciências nos séculos XIX e XX. Rio de Janeiro: Zorge Zahar, 1987. 133p.

SANTOS, M. E. V. M. *A cidadania da “Voz” dos manuais escolares*. Lisboa: Livros Horizonte, 2001.



SÃO PAULO (Estado) Secretaria da Educação/ Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Proposta Curricular para o Ensino de Ciências e Programas de Saúde - 1º grau*. São Paulo: CENP, 1988. 58p.

SCHÖN, D. A. Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem. Tradução de R. C. Costa. Porto Alegre: ARTMED, 2000. 256p.

SERBINO, R. V. et al (org.) *Formação de Professores*. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998 – Seminários e Debates.

SILVEIRA, R. V.M; AMABIS, J. M. Como os estudantes do ensino médio relacionam os conceitos de organização e localização do material genético? IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. Bauru, 2003. CD.

SMITH, M. V. y SUTHERN, S. Q. Cognitive developmente, genetics problem solving, and genetics instruction: A critical review. *Journal of research in science teaching*, 29 (7): 701-713.

SOUZA, N.C., MANCINI, G.C. *O uso de recursos da internet na capacitação de professores*. In: ENCONTRO “PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA” (EPEB), 8., 2002, São Paulo. *Coletânea do VIII EPEB*, São Paulo: Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2002. p.46

TAVARES, M. C. et al. Uma investigação sobre as concepções dos licenciandos em biologia a cerca das relações entre DNA e transgênicos. IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Bauru, 2003. CD.

TEIXEIRA, P.M.M. *Reflexões sobre o Ensino de Biologia realizado em nossas escolas*. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC), 3., 2001, Atibaia. *Atas do...*, São Paulo, 2001. 1 CD.

TEIXEIRA, M. *O projeto Genoma Humano*. São Paulo: Publifolha, 2000. 92 p.

TOGNOLLI, C. *A falácia da genética: a ideologia do DNA na imprensa*. São Paulo: Escrituras, 2003. – (Coleção ensaios transversais).

TRIVELATO, S. L. F. Ensino de Ciências e o Movimento CTS (Ciência/Tecnologia/Sociedade). In: ESCOLA DE VERÃO PARA PROFESSORES DE PRÁTICA DE ENSINO DE FÍSICA, QUÍMICA E BIOLOGIA, 3, 1994, Serra Negra. *Coletânea*. São Paulo: FEUSP, 1995. p.122-130].

TRIVELATO, S. L. F. Ensino de Ciências e Movimento CTS (Ciência/Tecnologia/Sociedade). In: ESCOLA DE VERÃO PARA PROFESSORES DE PRÁTICA DE ENSINO DE FÍSICA, QUÍMICA E BIOLOGIA, 3, São Paulo, *Coletânea*. USP, 1995, 280 p.

TRIVELATO, S. L. F. *Ensino de genética: um novo ponto de vista*. São Paulo, Faculdade de Educação, 1988, 85 p.

VASCONCELLOS, C. S. *Construção do conhecimento em sala de aula*. 13ª ed. São Paulo; Lebertad, 2002, 141 p.

VILLANI, A. Filosofia da Ciência e Ensino de Ciências: uma analogia. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2. São Paulo: Escrituras, 2001.

WILKIE, T. *Projeto Genoma Humano: um conhecimento perigoso*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1994. 221 p.

WOOD-ROBINSON et al. Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*. 16 (1): 43-61, 1998.

ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998, 224p.